МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

А. А. КУЛИКОВСКИЙ

НОВОЕ В ТЕХНИКЕ РАДИОПРИЕМА



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХОРОШИХ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕОБХОДИМО СОБЛЮДАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА:

Составляя схему, надо обеспечить хорошую развязку цепей питания ламп и автоматической регулировки усиления посредством развязывающих фильтров. Величины сопротивлений в цепях питания ламп должны обеспечивать получение тех режимов работы, которые являются рекомендованными для этих ламп (в особенности это относится к преобразовательным и выходным лампам). Коэффициент трансформации выходного трансформатора должен соответствовать выходной лампе и нагрузке (динамику).

Размещение деталей на шасси должно быть достаточно свободным и таким, чтобы их соединения получались возможно более короткими. Отдельные каскады должны быть размещены на шасси в такой же последовательности, в какой они находятся в схеме приемника. Близкое расположение первых и последних каскадов высокой или низкой частоты является недопустимым. Первые каскады низкой частоты должны быть удалены от выпрямителя. Нельзя размещать близко низкочастотные трансформаторы разных каскадов.

Нагревающиеся детали должны быть по возможности удалены от деталей гетеродина и от электролитических конденсаторов. Лампу и детали гетеродина надо размещать так, чтобы они охлаждались возможно лучше. Шасси приемника должно быть достаточно жестким.

При сборке приемника или усилителя надо возможно более тщательно экранировать все катушки (контуры) промежуточной и высокой частоты. Диаметр экрана должен быть не менее удвоенного диаметра заключенной в него катушки. Величины сопротивлений и емкостей, используемых при сборке, должны возможно ближе соответствовать указанным в принципиальной схеме.

Шасси приемника нельзя использовать в качестве одного из проводов накала ламп или провода заземления. Цепи питания накала ламп и заземления должны быть выполнены отдельными проводами, которые соединяются с шасси в одной точке. Заземленные провода от деталей, входящих в схему одного каскада, желательно присоединять к проводу заземления в одной точке.

В приемниках ультракоротких волн общие провода заземления и высокого напряжения следует делать в виде широких металлических полос, изолированных от металлического шасси тонкой слюдяной прокладкой.

Для гетеродинной лампы рекомендуется использовать керамическую ламповую панель. Катушки коротких и ультракоротких волн желательно наматывать на керамические каркасы.

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 62

А. А. КУЛИКОВСКИЙ

НОВОЕ В ТЕХНИКЕ РАДИОПРИЕМА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

ГЛАВА ПЕРВАЯ

НОВЫЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАКТОВ ПРИЕМНИКОВ

Рассмотрим прежде всего некоторые новые принципы построения скелетных схем радиоприемников.

За очень небольшими исключениями современные приемники строятся по супергетеродинной схеме. Это объясняется известными достоинствами супергетеродинного принципа приема — возможностью получения большой чувствительности и избирательности относительно соседних каналов, а также незначительными изменениями всех характеристик приемника при настройке его на различные частоты диапазона.

Вместе с тем супергетеродинный метод приема обладает и рядом недостатков. Наиболее существенным из них является наличие зеркального канала приема. Этот недостаток состоит, как известно, в том, что при данной настройке гетеродина приемника в промежуточную частоту преобразуется не только частота полезного принимаемого сигнала, но и так называемая зеркальная частота, которая отличается от частоты полезного принимаемого сигнала на две промежуточные частоты. Если на этой зеркальной частоте работает какая-либо радиостанция (или какой-нибудь иной источник помех), то она создаст на выходе преобразователя помеху на промежуточной частоте, которую последующие фильтры промежуточной частоты отделить не смогут и которая будет мешать приему выбранной станции.

Для устранения зеркального приема между антенной и преобразователем частоты приходится ставить один или несколько контуров, которые настраиваются на частоту принимаемого сигнала и не пропускают к преобразователю колебания зеркальной частоты. Такими контурами являются контуры входной цепи и усилителя высокой частоты, которые образуют

так называемый преселектор. Контуры преселектора должны обеспечивать избирательность, главным образом, относительно зеркального канала, тогда как избирательность относительно соседних каналов обеспечивается в основном фильтрами промежуточной частоты.

Необходимость иметь преселектор, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала, требует осуществлять сложное сопряжение одноручечной настройки контуров преселектора с настройкой контура гетеродина (который настраивается на частоту, отличающуюся от частоты принимаемого сигнала на промежуточную частоту).

Используемый в настоящее время метод сопряжения настроек обеспечивает точное сопряжение лишь на трех частотах каждого поддиапазона. На других частотах настройки контуров преселектора и гетеродина оказываются сдвинутыми одна относительно другой на величину, отличающуюся от промежуточной частоты Тракт промежуточной частоты приемника обладает узкой полосой пропускания и большим усилением. Поэтому при неправильном сопряжении максимум громкости приема получается тогда, когда оператор настраивает правильно контур гетеродина, т. е. настраивает его так, что на выходе преобразователя образуется именно такая промежуточная частота, которую пропускают фильтры приемника. Однако, контуры преселектора при этом оказываются расстроенными относительно принимаемого сигнала, что приводит к снижению чувствительности приемника.

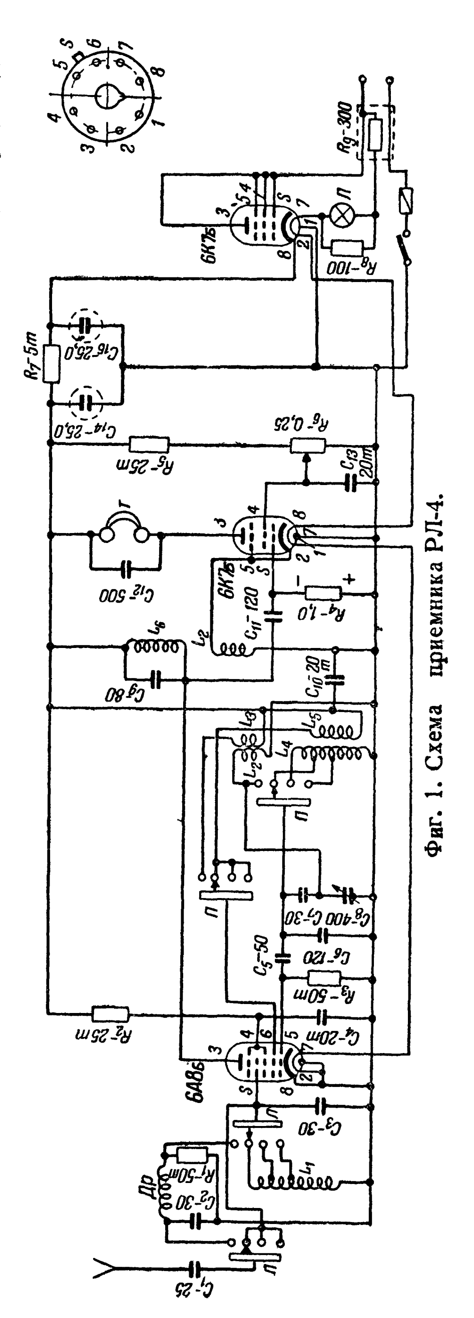
Этот недостаток наблюдается особенно сильно при приеме в диапазоне длинных волн, т. е. относительно низких частот. На этих частотах резонансная кривая контуров преселектора оказывается очень узкой и даже небольшая неточность сопряжения контуров приводит к резкому снижению чувствительности приемника. При приеме более высоких частот резонансная кривая контуров преселектора оказывается более широкой, так что неточности сопряжения сказываются на работе приемника слабее. Наконец, при приеме еще более высоких частот резонансная кривая контуров преселектора оказывается настолько широкой, что неточность сопряжения не имеет значения, но и ослабление зеркального сигнала преселектором оказывается недостаточным для удовлетворительного действия приемника.

Очевидно, ослабление зеркального сигнала контурами преселектора будет тем лучше, чем дальше отстоит зеркальная частота от частоты принимаемой станции. Разность этих ча-

стот равняется удвоенной промежуточной частоте. Следовательно, повышая промежуточную частоту, можно все дальше отодвигать зеркальную частоту от основной принимаемой частоты. Это облегчает борьбу с зеркальным приемом и позволяет пользоваться более простыми схемами преселекторов. Лет 15 назад вещательные приемники работали, главным образом, в диапазонах длинных и средних волн. В этих диапазонах вполне удовлетворительное подавление зеркального канала обеспечивалось при использовании промежуточной частоты в 115 *кгц*. Позже, когда в приемники были введены коротковолновые диапазоны, промежуточная частота была увеличена до 465 *кгц*. В настоящее время в связи с освоением диапазона ультракоротких волн, промежуточные частоты приемников выбираются порядка 1,6; 4; 10 *мггц*.

Облегчая борьбу с зеркальным приемом, повышение промежуточной частоты вместе с тем создает дополнительные трудности. При прочих равных условиях повышение промежуточной частоты вызывает расширение полосы пропускания фильтров промежуточной частоты.

В большинстве случаев это является нежела-



Фиг. 1. Схема приемника РЛ-4.

тельным, так как приводит к ухудшению избирательности относительно соседних каналов приема и к усилению действия помех. Кроме того, повышение промежуточной частоты снижает усиление каскадов промежуточной частоты. Однако, наиболее серьезной неприятностью при повышении промежуточной частоты является увеличение неточности сопряжения, что ухудшает прием в диапазоне относительно низких частот, где полоса пропускания контуров преселектора оказывается узкой.

Удачное разрешение всех этих противоречий осуществлено в конструкции приемника РЛ-4 (фиг. 1 и 2). Этот приемник имеет очень простую конструкцию и представляет собой двухламповый супергетеродин. Первая лампа работает преобразователем частоты, а вторая — регенеративным сеточным детектором. Третья лампа используется в качестве выпрямительной и в схему собственно приемника не входит.

Особенностью приемника является высокая промежуточная частота, выбранная равной 1,9 *мггц*. Это позволило сильно упростить схему приемника. Прежде всего оказалось возможным применить в качестве преселектора длинных и средних волн ненастраивающийся фильтр нижних частот. Дело в том, что диапазоны длинных и средних волн охватывают частоты 0,15—2 *мггц*. Удвоенная промежуточная частота составляет $2 \cdot 1{,}9 = 3{,}8$ *мггц*. Соответственно зеркальные частоты при работе приемника в диапазонах длинных и средних волн лежат в пределах

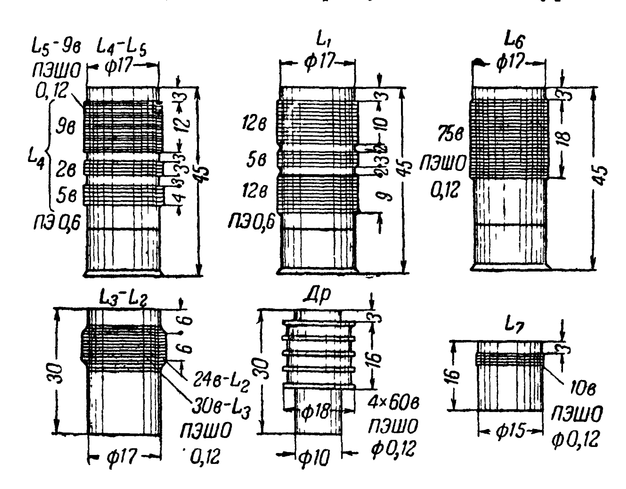
$$0{,}15 + 2 \cdot 1{,}9 = 3{,}95 \text{ мггц},$$

$$2 + 2 \cdot 1{,}9 = 5{,}8 \text{ мггц}.$$

Таким образом зеркальные частоты лежат вне диапазона длинных и средних волн. Если поставить на вход приемника ненастраивающийся фильтр, который будет пропускать все частоты до 2 *мггц* и будет задерживать все более высокие частоты, то задача подавления зеркальных каналов будет разрешена.

Таким фильтром в рассматриваемом приемнике является цепь $C_1C_2ДрR_1C_3$. Конденсатор C_1 является обычным конденсатором связи с антенной. $C_2ДрC_3$ образуют П-образный фильтр нижних частот. Особую роль в этой схеме играет сопротивление R_1. Оно служит во-первых, сопротивлением утечки сетки лампы 6А8Б. Кроме того, сопротивление R_1 является для фильтра согласованной нагрузкой, которая необходима для его правильной работы.

На коротких волнах задача осуществления преселекции решается несколько иначе. Приемник имеет лишь растянутые коротковолновые диапазоны. В этих диапазонах преселектором служит контур, образуемый секционированной катушкой L_1 и конденсатором C_3. Путем подбора числа витков катушки L_1 в каждом растянутом диапазоне контур настраивается на его среднюю частоту. Полоса пропускания контура настолько



Фиг. 2. Катушки приемника РЛ-4. Катушки L_1 и L_4 мотаются принудительным шагом; верхние концы их заземляются. Катушка L_5 мотается между витками первой секции катушки L_4. Катушка L_2 мотается поверх катушки L_3. Катушка L_7 вставляется в катушку L_6.

широка, что все частоты узкого растянутого диапазона пропускаются им с небольшим ослаблением. В то же время зеркальные частоты таким контуром ослабляются вполне достаточно.

Таким образом вход приемника по существу делается ненастраивающимся и настройка приемника осуществляется лишь переменным конденсатором гетеродина. Это очень упрощает всю конструкцию и освобождает от необходимости осуществлять сопряжение настроек контуров.

Высокая промежуточная частота позволяет осуществить еще одно упрощение схемы, а именно объединить диапазоны длинных и средних волн. Действительно, частота гетеродина равняется принимаемой частоте плюс промежуточная частота.

Для того, чтобы перекрыть диапазон частот 0,15 — 2 *мггц*, гетеродин должен генерировать частоты от 0,15+1,9=2,05 *мггц* до 2 + 1,9 = 3,9 *мггц*.

Таким образом частота гетеродина должна изменяться лишь в $\frac{3,9}{2,05} = 1,9$ раза, что вполне осуществимо. Единственная неприятность состоит в том, что ширина объединенного диапазона приблизительно на 20% превышает ширину обычного диапазона средних волн. Это приводит к некоторому усложнению настройки, так как для перестройки со станции на станцию переменный конденсатор приходится поворачивать на несколько меньший угол, чем в обычных схемах. Однако, это усложнение настройки очень невелико и вполне может быть ликвидировано применением верньера с бóльшим замедлением.

Ухудшение избирательности относительно соседних каналов и ослабление усиления, вызываемые повышением промежуточной частоты, в рассматриваемой схеме компенсируются применением сеточного регенеративного детектора. Регулируя напряжение на экранной сетке детекторной лампы 6К7Б при помощи потенциометра R_6, можно подобрать такую величину обратной связи, при которой усиление и избирательность каскада обеспечивают хороший прием. Работа регенератора на постоянной промежуточной частоте делает его режим устойчивым и независящим от настройки приемника.

Интересно обратить внимание на то обстоятельство, что в этой схеме осуществляется своеобразное регулирование полосы пропускания. При приеме слабых станций для получения большого усиления приходится устанавливать сильную обратную связь. При этом полоса пропускания регенератора оказывается узкой, что желательно при приеме слабых станций. Если же принимается громкая станция, то обратную связь устанавливают слабой, так как большого усиления при этом не требуется. Такая обратная связь расширяет полосу пропускания приемника, обеспечивая более естественное звучание.

Упрощение органов настройки приемников благодаря использованию высокой промежуточной частоты вполне может найти применение и в сложных качественных приемниках. Мы уже выяснили, что при таком упрощении преселектора вполне обеспечивается высокая зеркальная избирательность. Остановимся на том, в какой мере это упрощение может повлиять на другие характеристики приемника

Помимо обеспечения зеркальной избирательности, входной

контур и каскады усиления высокой частоты выполняют в приемнике еще две функции: увеличивают отношение силы принимаемого сигнала к силе шума, создаваемого лампами приемника, и создают избирательность, необходимую для устранения так называемых дополнительных каналов приема и перекрестной модуляции.

Основной «шумящей» лампой в приемнике является преобразовательная лампа, которая создает на выходе преобразователя частоты шум определенной силы. Чем сильнее сигнал, подаваемый на сетку лампы, тем более выгодным является отношение сигнала к шуму на выходе преобразователя. Последующие каскады приемника в равной мере усиливают как сигнал, так и шум, не изменяя указанного отношения. Поэтому для улучшения отношения силы сигнала к силе шума необходимо по возможности больше усиливать сигнал до преобразователя, т. е. во входных контурах и в усилителе высокой частоты.

Преселектор того типа, который использован в приемнике РЛ-4, заметно ослабляет напряжение сигнала на сетке преобразовательной лампы по сравнению с обычными, более сложными типами преселекторов. Это ухудшает отношение силы сигнала к силе шумов лампы. Однако, такое ухудшение для вещательных приемников имеет лишь теоретический интерес и практически совершенно не влияет на качество приема. Дело в том, что шум на выходе таких приемников лишь в очень небольшой степени вызывается лампами, а главная его часть создается в результате действия различного рода атмосферных и индустриальных помех. Эти помехи усиливаются преселектором так же, как и принимаемые сигналы, и поэтому снижение усиления преселектора не портит отношения силы сигнала к силе атмосферных и индустриальных помех, а лишь уменьшает величину общего усиления приемника. Однако, этот проигрыш в усилении можно без труда скомпенсировать в каскадах промежуточной и низкой частоты.

Остановимся теперь еще на одной функции преселектора. В приемниках довольно часто наблюдаются различного рода неприятные явления, вызываемые нелинейностью характеристик ламп усилителей высокой частоты и преобразователей. Эти явления возникают в тех случаях, когда на сетках ламп помимо полезного принимаемого сигнала действуют также сильные сигналы мешающих станций. Если частоты этих сильных помех заметно отличаются от частоты полезного сигнала, то после преобразования частоты эти помехи не будут про-

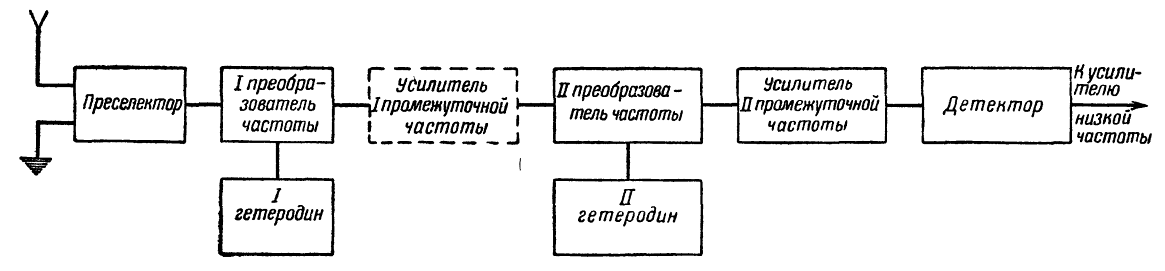
пущены к детектору фильтрами промежуточной частоты. Однако, в результате нелинейности характеристик ламп такие помехи могут создавать различного рода свисты и, кроме того, в некоторых случаях их модуляция может «переходить» на принимаемую программу. В этом случае при приеме желаемой станции на выходе приемника прослушивается передача мешающей станции, которая исчезает, если полезная принимаемая станция выключается.

Хороший преселектор в значительной степени ослабляет эти явления, так как он настраивается на частоту полезной принимаемой станции и не пропускает к сеткам ламп сильные мешающие сигналы других частот. Упрощенный преселектор, используемый в РЛ-4, пропускает на сетку первой лампы различные частоты широкого диапазона и тем самым создает опасность возникновения указанных явлений. Однако, как показывают теория и практика, эти нежелательные явления вполне могут быть устранены не при помощи преселекции, а путем тщательного выбора режима первой лампы. Иногда может оказаться необходимым включить в цепь антенны фильтр-пробку, который имеет фиксированную настройку и который создает некоторое ослабление сигналов мешающей станции.

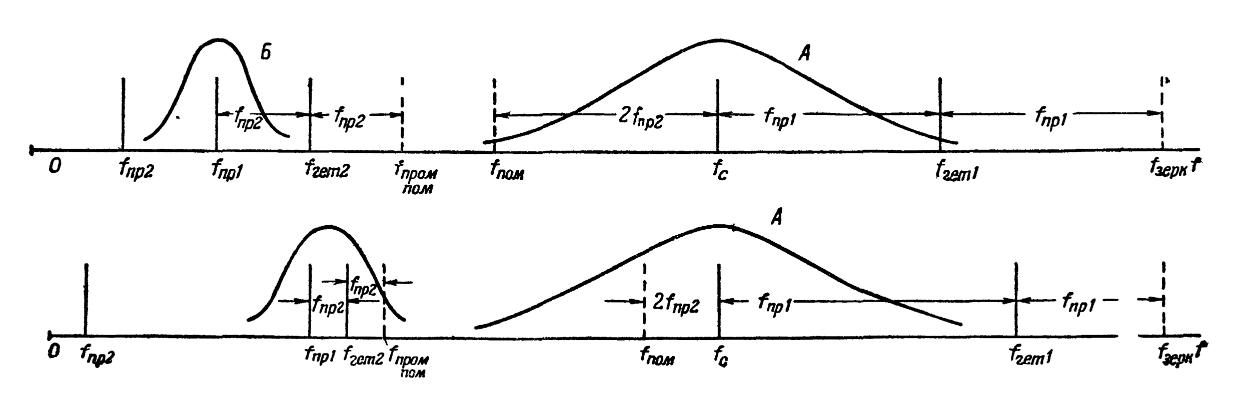
Таким образом, применение высокой промежуточной частоты позволяет резко упростить конструкцию преселектора и наладку приемника. Но вместе с тем высокая промежуточная частота приводит к снижению усиления и, что более важно, к нежелательному расширению полосы пропускания приемника.

Для устранения этих недостатков можно использовать схемы с положительной обратной связью, как это сделано в приемнике РЛ-4. Однако, применение обратной связи вынуждает при настройке приемника регулировать ее величину посредством отдельной ручки. Кроме того, на границе самовозбуждения работа схем с обратной связью делается неустойчивой. Поэтому более удачным способом устранения указанных недостатков является применение двойного преобразования частоты.

Скелетная схема приемника с двойным преобразованием частоты изображена на фиг. 3. В этом приемнике после преселектора (который может иметь любую схему, не обязательно такую, как в РЛ-4) стоит первый преобразователь частоты. В анодную цепь этого преобразователя включен контур или полосовой фильтр, настроенный на первую промежуточную



Фиг. 3. Скелетная схема приемника с двойным преобразованием частоты.



Фиг. 4. Соотношения частот в приемнике с двойным преобразованием частоты.

а—при средних значениях промежуточных частот; *б*—при высокой первой промежуточной частоте и при низкой второй промежуточной частоте.

частоту, которая берется обычно высокой (1,2 ÷ 5 *мггц*). Иногда эта промежуточная частота усиливается специальным каскадом, после чего поступает на вход второго преобразователя частоты, который преобразует ее в более низкую вторую промежуточную частоту (обычно 465 *кгц*). Далее идут обычные каскады усиления второй промежуточной частоты, детектор и усилитель низкой частоты.

В такой схеме высокая первая промежуточная частота облегчает борьбу с зеркальным приемом и позволяет упростить конструкцию преселектора. Низкая вторая промежуточная частота позволяет получить большое усиление и хорошую избирательность относительно соседних каналов.

Казалось бы, что для получения наилучшего действия такой схемы следует выбирать первую промежуточную частоту возможно более высокой, а вторую — возможно более низкой. Однако, в действительности оказывается, что это не совсем так.

На фиг. 4 изображена ось частот, на которой отмечены первая и вторая промежуточные частоты $f_{пр\,1}$ и $f_{пр\,2}$. Если мы хотим принимать станцию, работающую на частоте f_c, то настройку гетеродина первого преобразователя следует установить так, чтобы генерируемая им частота $f_{гет\,1}$ была выше (или ниже) частоты сигнала f_c на величину первой промежуточной частоты $f_{пр\,1}$. Кривая *А* изображает резонансную кривую преселектора. Зеркальная частота $f_{зерк}$ оказывается выше частоты сигнала на удвоенную величину промежуточной частоты $2f_{пр\,1}$ и контурами преселектора не пропускается.

Для того, чтобы первую промежуточную частоту $f_{пр\,1}$ преобразовать во вторую промежуточную частоту $f_{пр\,2}$, гетеродин второго преобразователя следует настроить на частоту $f_{гет\,2}$, лежащую выше (или ниже) частоты $f_{пр\,1}$ на величину второй промежуточной частоты $f_{пр\,2}$. Как и при всяком преобразовании частот, при такой настройке второго гетеродина во вторую промежуточную частоту $f_{пр\,2}$ может преобразовываться не только первая промежуточная частота $f_{пр\,1}$, но и ее зеркальная частота $f_{пром.\,помехи}$, которая отличается от частоты $f_{пр\,1}$ на удвоенную величину второй промежуточной частоты.

Эта частота $f_{пром.\,помехи}$ может появиться как результат преобразования в первом преобразователе частоты $f_{помехи}$, ко-

торая отличается от частоты принимаемого сигнала на ту же величину $2f_{пр\,2}$.

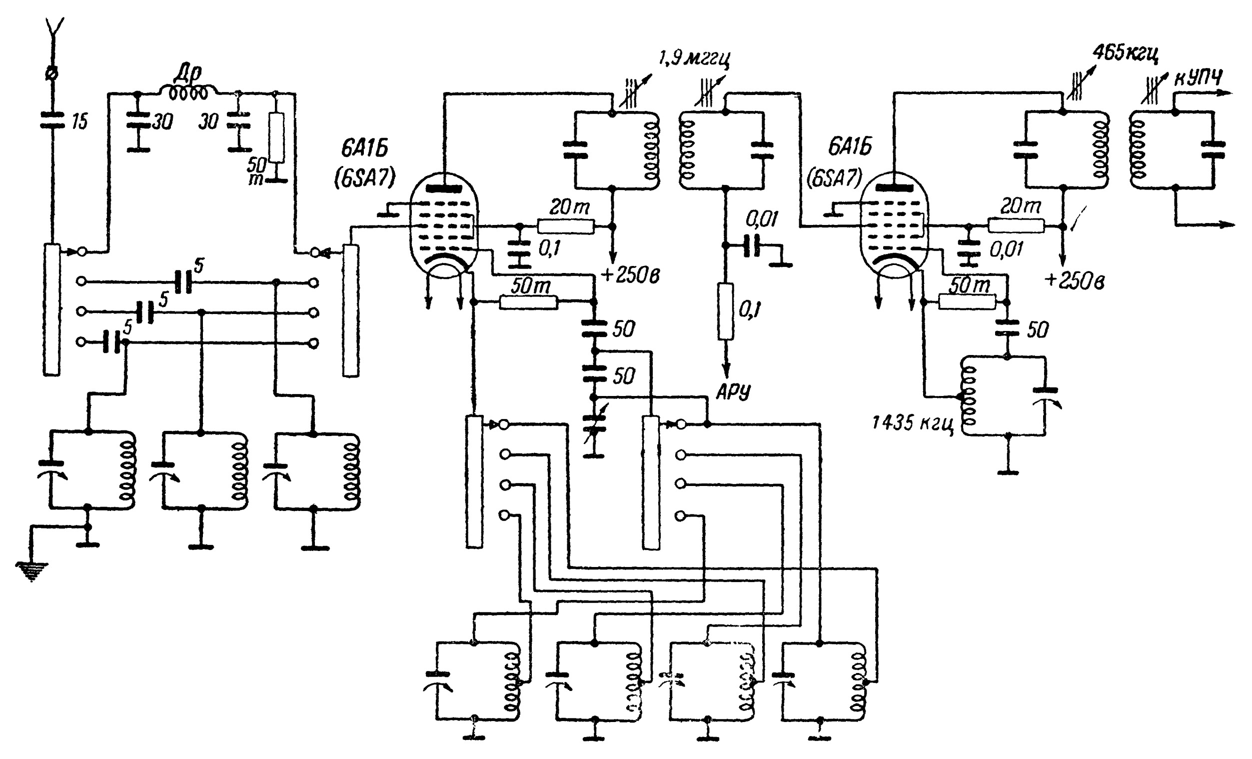
Очевидно, устранить прием на частоте $f_{помехи}$ можно либо путем подавления колебаний этой частоты в преселекторе, либо же путем подавления колебаний частоты $f_{пром.\,помехи}$ в фильтре первой промежуточной частоты (резонансная кривая *Б*).

Если первую промежуточную частоту выбрать высокой, то резонансная кривая фильтра первой промежуточной частоты (кривая *Б*) будет очень широкой. Низкая вторая промежуточная частота приведет к тому, что отличие частоты $f_{помехи}$ от частоты f_c, а также частоты $f_{пром.\,помехи}$ от частоты $f_{пр\,1}$ окажется небольшим. В результате при высокой первой промежуточной частоте и при низкой второй ослабление приема на частоте $f_{помехи}$ может оказаться недостаточным. Это вынуждает в приемниках с двойным преобразованием частоты первую промежуточную частоту брать не слишком высокой (в пределах 1,2 ÷ 5 *мггц*), а вторую промежуточную частоту не слишком низкой (обычно ее берут равной 465 *кгц*).

Благодаря тому, что второй преобразователь имеет неизменную настройку, конструкция его получается очень простой и усложнение приемника, обусловленное применением двойного преобразования частоты, вполне окупается возможностью упростить преселектор.

Часто в контур гетеродина второго преобразователя вводят небольшой переменный конденсатор, при помощи которого частоту этого гетеродина можно изменять на 25 ÷ 30 *кгц* в обе стороны от ее нормального значения. Поскольку обычно преселектор и фильтр первой промежуточной частоты имеют полосу пропускания порядка 50 ÷ 60 *кгц*, такое изменение частоты второго гетеродина позволяет плавно изменять принимаемую частоту на ±25÷30 *кгц*. Тем самым создается очень удобная растяжка диапазона. Достоинством ее являются, во-первых, простота, а во-вторых, то, что величина изменения настройки (в килогерцах) не зависит от того, в какой точке диапазона производится растяжка. Это позволяет ввести в приемник отдельную шкалу растяжки с неизменной градуировкой в килогерцах.

Опыт работы с приемниками, выполненными по схеме двойного преобразования частоты, показывает, что важное значение имеют тщательная экранировка обоих гетеродинов и ра-

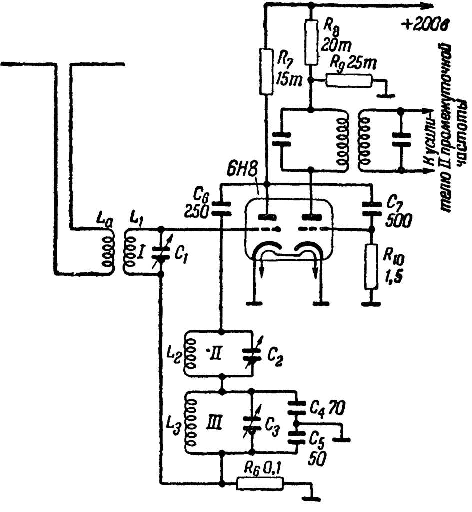


Фиг. 5. Схема приемника с двойным преобразованием частоты.

бота преобразователей частоты в режимах, рекомендуемых для применяемых ламп. Несоблюдение этих условий может вызвать появление неприятных свистов на выходе приемника.

Одна из возможных схем первых каскадов приемника с двойным преобразованием частоты приведена на фиг. 5. Несколько схем, использующих тот же принцип, будет приведено ниже.

Некоторое применение в последнее время находят схемы, в которых для осуществления двукратного преобразования частоты используется один гетеродин. Примером такой схемы является входная часть приемника ультракоротких волн, изображенная на фиг. 6. В этой схеме используется лишь одна лампа — двойной триод с небольшим коэффициентом усиления (6Н8). Левая половина этой лампы работает в схеме гетеродина и первого преобразователя частоты; правая половина выполняет функции второго преобразователя частоты.



Фиг. 6. Схема входа приемника ультракоротких волн с двойным преобразованием частоты при одном гетеродине.

Контур *I* настраивается на частоту принимаемого сигнала. Контур *II* настраивается на первую промежуточную частоту, которая в этой схеме изменяется при настройке приемника на различные частоты диапазона. Контур *III* является контуром гетеродина, выполненного по схеме с емкостной обратной связью, создаваемой конденсаторами C_4 и C_5.

Несмотря на сложное включение контуров, в изображенной схеме нетрудно проследить обычные цепи. Действительно, напряжение частоты принимаемого сигнала с контура *I* подается на сетку лампы и через конденсатор C_5 — на ее катод.

Контур II включен в анодную цепь лампы по обычной схеме параллельного питания. Нижний конец этого контура соединен с катодом через конденсатор C_4.

Если учесть, что для частоты гетеродина контуры *I* и *II* представляют очень небольшие сопротивления, то окажется, что контур *III* включен по обычной схеме гетеродина с емкостной обратной связью — он включен между анодом и сеткой лампы, а средняя точка конденсаторов C_4C_5 присоединена к катоду. Сопротивление R_6 замыкает цепь сетки левого триода по постоянному току.

При таком включении на сетке левого триода действуют напряжение принимаемого сигнала и напряжение гетеродина. Образующиеся в анодной цепи колебания тока первой промежуточной частоты развивают на контуре *II* соответствующее напряжение, которое вместе с напряжением гетеродина поступает на сетку правого триода через разделительные конденсаторы C_6C_7.

В анодной цепи этого триода образуются колебания второй промежуточной частоты. Нагрузкой анодной цепи является полосовой фильтр, настроенный на вторую промежуточную частоту.

Рассмотрим соотношения частот в этой схеме. Вторая промежуточная частота $f_{пр\,2} = 4{,}3$ *мггц*. Пусть частота принимаемого сигнала $f_c = 100$ *мггц*. Тогда гетеродин необходимо настроить на частоту

$$f_{гет} = \frac{f_c - f_{пр2}}{2} = 47{,}85 \text{ мггц}.$$

При этом первая промежуточная частота получается равной

$$f_{пр\,1} = f_c - f_{гет} = 100 - 47{,}85 = 52{,}15 \text{ мггц},$$

а вторая промежуточная частота получается в результате второго преобразования:

$$f_{пр\,2} = f_{пр\,1} - f_{гет} = 52{,}15 - 47{,}85 = 4{,}3 \text{ мггц}.$$

Недостатком этой схемы является то, что первая промежуточная частота изменяется при настройке приемника на различные частоты. Это вынуждает осуществлять сопряжение настроек трех контуров — входного контура, контура гетеродина и контура первой промежуточной частоты. Однако, этот недостаток не имеет значения, если приемник строится для приема одной фиксированной частоты, как это бывает, например, при приеме одной телевизионной программы. В таком случае настройки контуров могут производиться «под шлиц» и осуществлять их сопряжение нет надобности.

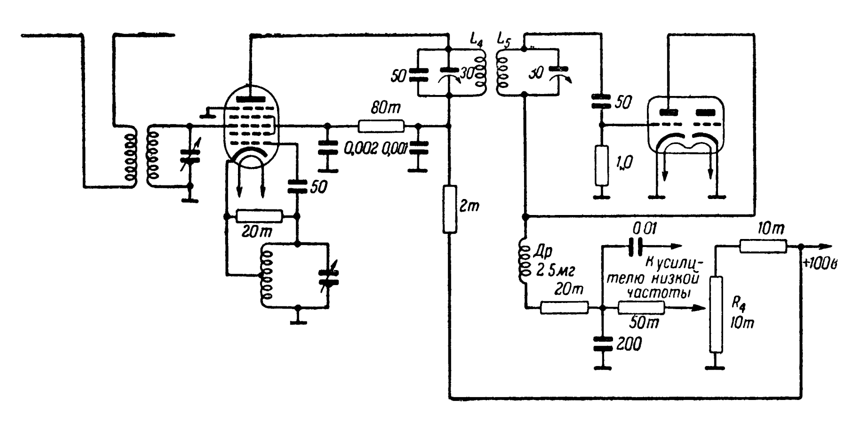
Говоря о новых принципах построения схем приемников, следует остановиться также на применении сверхрегенеративных каскадов в качестве усилителей промежуточной частоты и детекторов супергетеродинов. Если перед обычным сверхрегенератором поставить преобразователь частоты, как в обычном супергетеродине, то при настройке приемника на различные частоты сверхрегенератор будет работать на постоянной промежуточной частоте. Это позволяет сделать его режим более стабильным. Выбирая промежуточную частоту заметно ниже частоты сигнала, в такой схеме можно получить у сверхрегенератора более узкую полосу пропускания, т. е. лучшую избирательность по сравнению с той, какую он имел бы, если бы работал на частоте сигнала. Таким образом, удается в известной степени ослабить основной недостаток сверхрегенератора — его плохую избирательность. Кроме того, наличие преобразователя уменьшает излучение сверхрегенератора, т. е. ослабляет создаваемые им помехи.

Из самого принципа действия сверхрегенератора следует, что он периодически «отпирается» и «запирается» со сверхзвуковой частотой. Благодаря этому сверхрегенератор воспринимает сигналы и помехи лишь в некоторые моменты времени, тогда как в другие моменты времени он оказывается невосприимчивым к ним. Такая «прерывистость» действия не искажает принимаемых сигналов, но ослабляет действие помех. Поэтому сверхрегенеративный супергетеродин меньше подвержен действию помех, чем приемники обычного типа.

При точной настройке на частоту принимаемого сигнала сверхрегенератор может осуществлять прием сигналов с амплитудной модуляцией. Однако, он может принимать и сигналы с частотной модуляцией. Для этого контур сверхрегенератора должен быть слегка расстроен относительно центральной частоты принимаемого сигнала. В таком режиме частота принимаемых колебаний попадает на наклонный участок резонансной кривой контура. Если частота колебаний изменяется в соответствии с частотной модуляцией, то рабочая точка будет перемещаться по наклонному участку резонансной кривой контура и амплитуда напряжения на контуре тоже будет изменяться в соответствии с колебаниями частоты. Полученная таким образом амплитудная модуляция сигнала затем детектируется сверхрегенератором точно так же, как и в случае непосредственного приема сигналов с амплитудной модуляцией.

Понятно, что для получения достаточно сильных изменений амплитуды при колебаниях частоты наклонная часть резонанс-

ной кривой должна быть достаточно крутой. Если сверхрегенератор работает непосредственно на высокой частоте сигнала, то его резонансная кривая оказывается широкой и отлогой Используя супергетеродинный преобразователь частоты и заставляя сверхрегенератор работать на более низкой промежуточной частоте, можно сузить его резонансную кривую и сделать ее боковые участки более крутыми.



Фиг. 7. Схема ультракоротковолнового супергетеродина с сверхрегенеративным детектором. Катушки входа и гетеродина подбираются в соответствии с рабочим диапазоном. Катушка L_4 — 6 витков ПЭ 0,2; L_5 — 13 витков ПЭ 0,2 на каркасе диаметром 10 *мм*.

Наконец, интересной особенностью приемников с сверхрегенеративными каскадами является то, что они обладают свойством осуществлять автоматическую регулировку громкости приема.

Одна из таких схем приемников ультракоротких волн изображена на фиг. 7. Первая лампа 6А10 в ней используется для преобразования частоты. Левая половина второй лампы 6Н8 работает в сверхрегенеративном каскаде усиления и детектирования промежуточной частоты. Вторая половина этой лампы может быть использована для усиления низкой частоты.

Как показал опыт использования этой схемы, работа ее улучшается, если в полосовом фильтре промежуточной частоты индуктивность L_4 сделать приблизительно вдвое меньше индуктивности L_5, соответственно изменив емкости контуров так, чтобы они остались настроенными в резонанс на промежуточную частоту.

Налаживание такой схемы производится следующим образом. Регулируя потенциометр R_4, следует добиться возникновения на выходе приемника характерного шума сверхрегенерации, напоминающего шипение примуса. Если на выходе приемника слышен свист, то следует добиться его исчезновения, подбирая величины емкости и сопротивления утечки сетки триода, которые определяют режим сверхрегенерации.

Затем производится настройка контуров фильтра промежуточной частоты. Для этого при произвольной настройке вторичного контура (при приведенных данных она лежит около 15 ÷ 20 *мггц*) вращают конденсатор первичного контура, добиваясь настройки обоих контуров в резонанс. Момент резонанса определяется по спаданию громкости шума сверхрегенерации. Если настроить контуры в резонанс не удается, то следует изменить настройку вторичного контура и повторить ту же операцию. Когда контуры будут настроены, катушки L_4 и L_5 следует раздвинуть на такое расстояние, чтобы спадание громкости шума сверхрегенерации при настройке контуров в резонанс было едва заметно на слух.

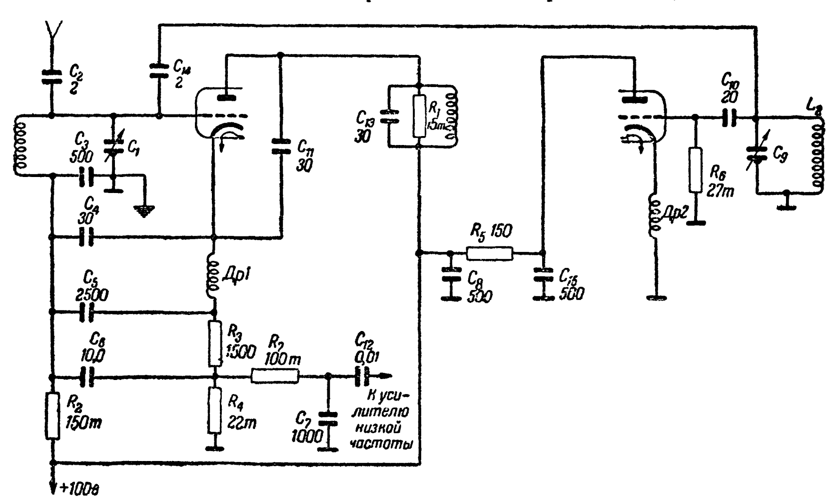
После этого необходимо обычным способом настроить катушки входного контура и гетеродина для приема желаемой станции. Услышав передачу (или работу генератора стандартных сигналов, если налаживание ведется с его помощью), следует так подобрать величины емкости и сопротивления утечки сетки триода, чтобы получить наибольшую чувствительность. Потенциометр R_4 следует отрегулировать так, чтобы шум сверхрегенерации исчезал при настройке на станцию.

Такой приемник хорошо работает от обычной комнатной антенны и обеспечивает очень высокую чувствительность.

На фиг. 8 изображена еще одна схема такого же приемника ультракоротких волн, замечательная тем, что в ней используется лишь одна лампа—двойной триод (можно использовать 6Н8) Одна половина этой лампы (изображенная отдельно справа) работает в схеме гетеродина с емкостной обратной связью, причем обратная связь создается распределенными емкостями монтажа и лампы. Второй триод используется в качестве преобразователя частоты и, кроме того, он же работает в сверхгенеративном каскаде промежуточной частоты. Таким образом приемник представляет собой супергетеродин на одной лампе. Вместо фильтра промежуточной частоты здесь используется одиночный контур, настроенный на частоту 18 ÷ 25 *мггц* (точная величина ее не имеет значения). Сопротивления R_2, R_3, R_4 и емкости C_3, C_4, C_5, C_6 обеспечивают наивыгоднейший

режим работы сверхрегенератора, цепь R_7 C_7 образует обычную цепь тонконтроля.

Такая схема обладает высокой чувствительностью и вполне обеспечивает раскачку обычного усилителя низкой частоты при работе от комнатной антенны. Она может применяться в качестве приемника звукового сопровождения телевидения или для приема радиовещания с частотной модуляцией. Простота этой схемы позволяет использовать ее в качестве дополнения к обычным вещательным приемникам. Кроме того, она может



Фиг. 8. Схема однолампового ультракоротковолнового супергетеродина. Катушки входа и гетеродина — в соответствии с диапазоном. Катушка контура промежуточной частоты — 20 витков ПЭ 0,3 на сопротивлении R_1 мощностью 0,5 *вт*. Дроссели — по 40 витков ПЭ 0,1 на сопротивлении 1 *мгом* мощностью 0,5 *вт*.

найти применение в различных ультракоротковолновых передвижках, работающих как с амплитудной, так и с частотной модуляцией.

Остановимся еще на одном нововведении, которое в последние годы иногда встречается в скелетных схемах вещательных приемников. Речь идет о переключении, позволяющем осуществлять прием дальних станций по супергетеродинной схеме с высокой чувствительностью и узкой полосой пропускания и вместе с тем при приеме местных станций использовать схему прямого усиления. В этих приемниках при приеме местных станций выход преселектора непосредственно присоединяется

к детектору, а преобразователь и усилитель промежуточной частоты выключаются из схемы. Введение таких переключений вызвано желанием осуществлять прием местных станций при низкой чувствительности и при широкой полосе пропускания приемника, что позволяег получать свободное от помех и естественное звучание передач.

Однако, подобное усложнение схемы и введение дополнительной ручки управления переключателем вряд ли можно считать оправданным. Действительно, осуществлять переключения для приема по схеме прямого усиления можно лишь в таком супергетеродине, преселектор которого обладает достаточно большим усилением и хорошей избирательностью, т. е. в супергетеродине высокого качества. В такой приемник гораздо более рационально ввести переменную полосу пропускания и эффективно работающую систему автоматической регулировки усиления. Это обеспечит хороший прием местных станций и вместе с тем улучшит работу приемника при приеме дальних станций.

На этом мы закончим расмотрение новых принципов построения скелетных схем приемников и перейдем к новым схемам их отдельных элементов. Начнем с новых методов настройки контуров приемников.

Резонансная частота контура определяется известным соотношением

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

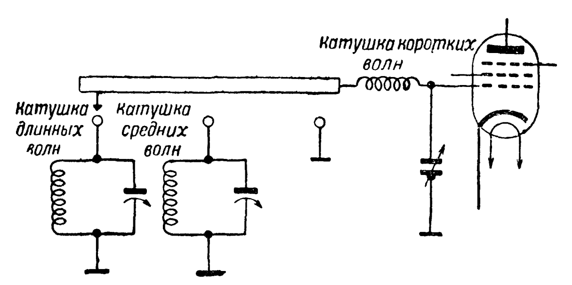
откуда

$$LC=\frac{1}{4\pi^2f^2}.$$

Емкость контура C складывается из емкости переменного конденсатора и из так называемой емкости схемы. В эту емкость схемы входят распределенная емкость катушки, емкости подстроечных конденсаторов, монтажа, переключателя, а также емкости ламп, присоединенных к контуру.

При данной катушке наиболее высокая частота диапазона определяется минимальной емкостью блока переменных конденсаторов и емкостью схемы. В диапазонах коротких и ультракоротких волн всеволновых приемников обычно бывает желательным обеспечить настройку на возможно более высокие частоты. Для этого следует уменьшать величину емкости схемы и величину начальной емкости переменного конденсатора. Один из способов уменьшения емкости схемы изображен

на фиг. 9. При этом способе катушка контура коротких волн включается в разрыв провода, соединяющего переключатель катушек с переменным конденсатором. В диапазонах длинных и средних волн присутствие этой катушки в контуре практически не оказывает влияния на работу приемника, так как сопротивление коротковолновой катушки на низких радиочастотах очень мало. В диапазоне коротких волн один конец катушки заземляется и она образует с переменным конденсатором обычный контур. При такой схеме включения переключатель оказывается присоединенным к заземленному концу катушки и его емкость не входит в контур коротких волн.



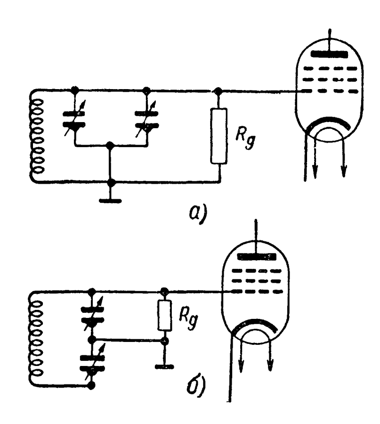
Фиг. 9. Схема включения катушки коротковолнового диапазона.

Для того, чтобы катушки диапазонов длинных и средних волн получались не очень громоздкими, максимальную емкость блока переменных конденсаторов приходится брать довольно большой. При этом его минимальная емкость тоже оказывается значительной. Во всеволновых приемниках тот же блок используется и в диапазонах коротких, а иногда и ультракоротких волн. Это является нежелательным по следующей причине.

Избирательные свойства контура, а также усиление, которое он может обеспечить в той или иной схеме, при прочих равных условиях получаются тем выше, чем больше величина $\sqrt{\frac{L}{C}}$. Отсюда следует, что, конструируя колебательный контур, надо стремиться получить во всем диапазоне достаточно большое отношение $\frac{L}{C}$, т. е. следует по возможности уменьшать емкость контура C и соответственно увеличивать его индуктивность L.

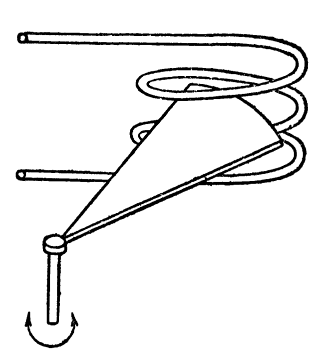
Уменьшение емкости контура C особенно необходимо в диапазонах коротких и ультракоротких волн, где величина

$LC = \frac{1}{4\pi^2 f^2}$ оказывается небольшой. Применение в этих диапазонах того же блока переменных конденсаторов, который используется в длинноволновых диапазонах и который обладает большой емкостью, является нежелательным, так как при больших значениях емкости C индуктивность L приходится брать малой и отношение $\frac{L}{C}$ получается очень низким.



Фиг. 10. Схемы включения конденсатора с разрезным статором.

а—в контуры длинноволновых диапазонов; *б*—в контуры диапазонов коротких и ультра коротких волн.



Фиг. 11. Настройка контуров ультракоротких волн посредством медных поворотных ножей.

Поэтому представляет интерес схема, в которой один и тот же блок переменных конденсаторов создает в контурах длинных и средних волн большую емкость, а в контурах коротких и ультракоротких волн—малую.

Для использования в этой схеме у обычного блока переменных конденсаторов пластины статора каждой секции делятся на две равных, изолированных одна от другой группы. В контуры длинных и средних волн половины такого «разрезного» статора включаются параллельно, создавая обычную схему, как это изображено на фиг. 10,*а*. В контуры коротких и ультракоротких волн половины статора включаются последовательно, образуя схему, изображенную на фиг. 10,*б*. При таком включении емкость переменного конденсатора оказывается в 4 раза меньше емкости, получаемой при параллельном вклю-

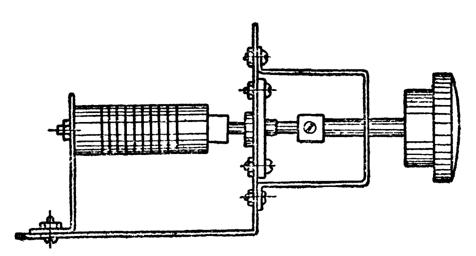
чении половин статора. Кроме того, достоинством этой схемы является то, что ток высокой частоты почти полностью течет через две половины разрезного статора и через ротор, так что трущийся контакт корпуса блока с осью ротора в контур не входит.

Стремясь до предела уменьшить величину емкости контура и получить возможно большее отношение $\frac{L}{C}$ во всем диапазоне, в последнее время в приемниках ультракоротких волн широко применяют настройку индуктивностью. При таком способе настройки в контур входит лишь емкость схемы, а переменный конденсатор из схемы исключается. Индуктивность катушек изменяется либо путем вдвигания в катушки латунных сердечников, либо путем введения между витками катушек медных или латунных заземленных поворотных ножей (фиг. 11).

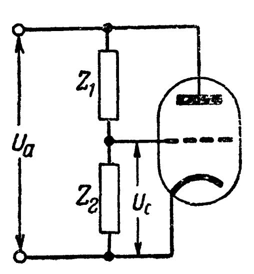
Способ настройки индуктивностью иногда применяется и в контурах длинных, средних и коротких волн. В этом случае индуктивность изменяется посредством вдвигания в катушки сердечников, сделанных из высокочастотного магнитного материала (из магнетита, карбонила и т. п.). В фабричных приемниках для обеспечения одноручечной настройки используются специальные блоки катушек, настраиваемых магнитными сердечниками. В любительских условиях изготовление таких блоков представляет известные затруднения, и магнитная настройка применяется иначе.

В простейшем случае используется магнитный сердечник, который вдвигается в катушку контура гетеродина приемника посредством винта, вращаемого отдельной ручкой (фиг. 12). Эта ручка позволяет плавно изменять частоту гетеродина и тем самым плавно изменять настройку приемника, т. е. осуществлять растяжку диапазона. Грубая настройка осуществляется обычным блоком переменных конденсаторов. Поскольку такая ручка точной настройки изменяет лишь частоту гетеродина и не изменяет настройки контуров преселектора, последние должны иметь достаточно широкую полосу пропускания, в пределах которой только и может осуществляться такая точная настройка. При переключениях диапазонов катушка с подвижным магнитным сердечником остается в контуре гетеродина и последовательно с ней включаются различные дополнительные катушки. При всей своей простоте такое устройство очень облегчает настройку приемника на коротких волнах, делая ненужным применение обычно используемых сложных схем растяжки диапазонов.

В описанных выше приемниках с ненастраивающимися преселекторами такое устройство можно использовать в качестве единственного органа настройки, совершенно отказавшись от переменного конденсатора. При этом могут возникнуть затруднения в перекрытии широкого диапазона длинных и средних волн, так как магнитый сердечник способен создавать лишь ограниченные изменения частоты гетеродина. Однако, это затруднение легко разрешается путем повышения промежуточной частоты. Действительно, выше мы уже видели, что при промежуточной частоте в 1,9 *мггц* для перекрытия объединенного диапазона длинных и средних волн частоту гетеродина приходится изменять лишь в 1,9 раза. Эта величина может быть



Фиг. 12. Конструкция системы настройки контура гетеродина посредством магнитного сердечника.



Фиг. 13. Упрощенная схема лампы — реактивности.

еще уменьшена при повышении промежуточной частоты до 4—5 *мггц*. Таким образом можно построить приемник, обладающий объединенным диапазоном длинных и средних волн, а также узкими диапазонами коротких волн с единственным органом настройки в виде ввинчивающегося в катушку магнитного сердечника. Недостатки, создаваемые использованием высокой промежуточной частоты, можно устранить, применяя обратную связь в тракте промежуточной частоты или двойное преобразование частоты.

В приемниках с двойным преобразованием частоты передвижной магнигный сердечник можно также использовать для изменений частоты второго гетеродина с целью растяжки диапазона.

Выше была выяснена возможность перестраивать приемник в пределах полосы пропускания преселектора лишь путем изменения частоты гетеродина. Это позволяет осуществить интересную систему электрической настройки приемника. Такая система представляет особенный интерес в тех случаях,

когда бывает необходимо производить настройку, находясь на некотором расстоянии от приемника.

Основной частью системы является так называемая лампа—реактивность. Этим названием обозначают особую схему включения усилительной лампы, которая в упрощенном виде изображена на фиг. 13. В этой схеме к аноду и катоду лампы приложено переменное напряжение высокой частоты U_a. Напряжение на сетку лампы подается из анодной цепи посредством специальной цепи Z_1—Z_2. Эта цепь составляется из сопротивлений и конденсаторов (иногда—еще из индуктивностей), величины которых подобраны таким образом, что напряжение на сетке U_c оказывается сдвинутым по фазе относительно напряжения на аноде U_a на угол $\pm 90°$. Переменная составляющая анодного тока лампы находится почти точно в фазе с сеточным напряжением U_c и тоже оказывается сдвинутой по фазе относительно анодного напряжения U_a на $\pm 90°$. Таким образом, между точками *а* и *б* действует напряжение U_a и течет ток I_a, сдвинутый по фазе относительно напряжения на угол $\pm 90°$. Следовательно, эта схема ведет себя совершенно так же, как емкость или индуктивность.

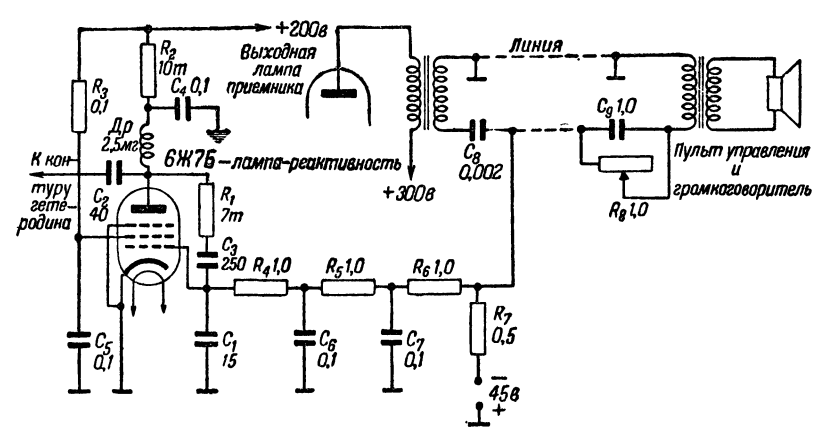
Сила анодного тока, а тем самым и величина отношения $\frac{U_a}{I_a}$ зависят от крутизны характеристики лампы. Это означает, что, изменяя крутизну лампы путем изменения напряжения смещения, можно регулировать величину получаемой емкости или индуктивности. Если такую схему присоединить к контуру гетеродина, то, изменяя напряжение смещения на сетке лампы-реактивности, можно будет изменять частоту гетеродина, то есть в известных пределах регулировать настройку приемника.

Полная схема такого устройства изображена на фиг. 14. В этой схеме напряжение смещения, посредством которого меняется настройка приемника, регулируется потенциометром R_7 R_8. Для дистанционной подачи напряжения смещения на лампу-реактивность используется та же линия, которая соединяет репродуктор с выходом приемника.

Конденсаторы C_1; C_3 и сопротивление R_1 образуют цепь, обозначенную на фиг. 13 буквами Z_1; Z_2. Сопротивления R_4; R_5; R_6 и конденсаторы C_6 C_7 образуют развязывающие фильтры в цепи смещения. Остальные элементы схемы являются обычными.

Остановимся теперь на некоторых новых схемах входных цепей приемников. Мы уже расмотрели особенности работы упрощенных входных цепей того типа, который использован в приемнике РЛ-4.

Рассмотрим входные цепи приемников АРЗ-49 и Рекорд-47, в которых также имеется элемент новизны. В настоящее время наиболее употребительными являются схемы входных цепей, в которых антенна присоединяется к входному контуру либо через небольшую емкость, либо же трансформаторно. Емкост-



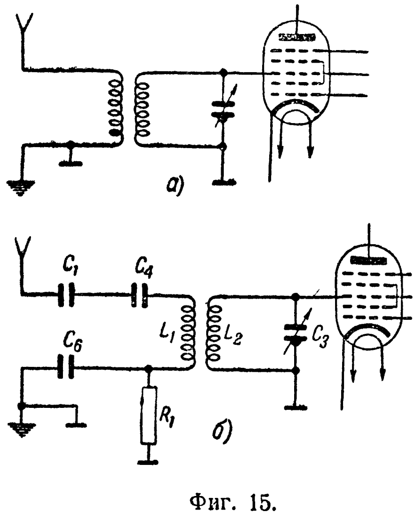
Фиг. 14. Полная схема дистанционного управления настройкой приемника.

ная связь контура с антенной обладает очень существенным недостатком — коэффициент усиления такой схемы резко изменяется при настройке приемника на различные частоты диапазона.

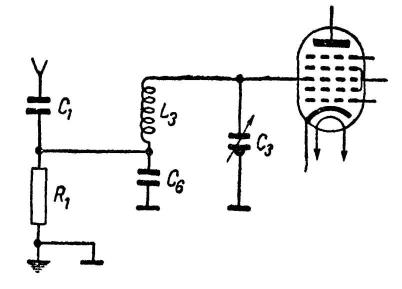
В схеме трансформаторной связи с антенной (фиг. 15) помимо настраивающегося входного контура приемника мы имеем по существу еще один контур, образуемый емкостью и индуктивностью антенны, а также антенной катушкой. Этот контур имеет свою собственную резонансную частоту, которую можно изменять, выбирая ту или другую величину индуктивности антенной катушки и включая в этот контур дополнительные конденсаторы.

Нетрудно доказать, что усиление такой схемы будет почти постоянным в пределах диапазона, если резонансная частота антенного контура лежит ниже самой низкой частоты диапазона принимаемых частот.

Входные цепи приемников АРЗ-49 и Рекорд-47 в диапазоне средних волн выполнены именно таким образом. Однако, в диапазоне длинных волн, низшая частота которого составляет 150 *кгц*, использовать такую схему нельзя. В этом диапазоне контур антенны пришлось бы настраивать на частоту, лежащую ниже частоты 150 *кгц*, то есть 100—120 *кгц*. Но промежуточная частота этих приемников равна 110 *кгц* и, следовательно, контур антенны оказался бы при этом настроенным



Фиг. 15.
а—Принципиальная схема трансформаторной связи антенны с входным контуром; *б*—схема входа приемника АРЗ-49 в диапазоне средних волн.



Фиг. 16. Схема входа приемника АРЗ-49 в диапазоне длинных волн.

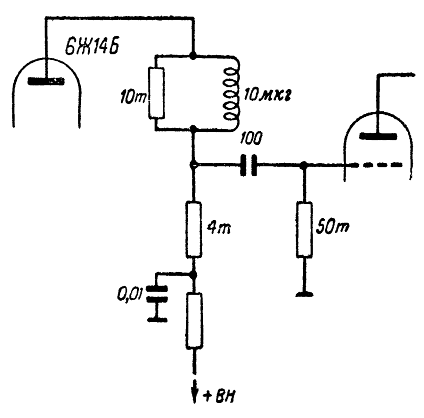
на промежуточную частоту, что могло бы вызвать самовозбуждение приемника и сильные помехи.

Поэтому в диапазоне длинных волн используется оригинальная схема входа, изображенная на фиг. 16. В этой схеме настраивающийся контур образуется катушкой L_3, переменным конденсатором C_3 и конденсатором C_6, к которому присоединена антенна. Конденсатор C_1 является защитным и служит для изоляции антенны от сети переменного тока. Соединение антенны с сетью имело бы место при той системе питания, которая используется в этих приемниках, если бы не было конденсатора C_1. На работу высокочастотной части схемы этот конденсатор не оказывает влияния.

Такое устройство входа приемника при правильном выборе величин деталей обеспечивает постоянство усиления в диапазоне и в то же время устраняет цепь, настроенную на промежуточную частоту.

Сопротивление R_1 поставлено в этой схеме для того, чтобы ослабить влияние низкочастотных напряжений, наводимых в антенне осветительными, телефонными и тому подобными проводами.

Говоря о новых типах входных цепей, следовало бы остановиться на схемах входа приемников, использующих рамочные антенны. Эти антенны находили применение в недавнем прошлом благодаря своей малой восприимчивости к помехам. Однако, малая чувствительность приемников с рамочными антеннами и нежелательная направленность их приема, зависящая от положения рамки, привели к тому, что в настоящее время такие приемники почти не применяются.



Фиг. 17. Схема ненастраивающегося каскада усиления высокой частоты.

Перейдем теперь к новым схемам усилителей высокой частоты.

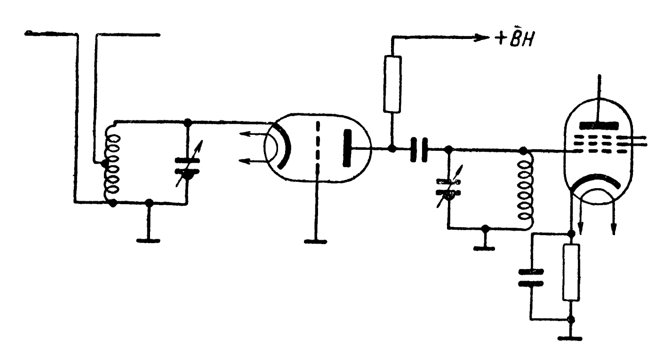
Здесь прежде всего следует остановиться на применении усилителей высокой частоты с ненастраивающейся нагрузкой. Не давая дополнительной избирательности, такие усилительные каскады заметно повышают громкость приема. Вместе с тем их достоинством является простота конструкции — введение такого усилительного каскада в схему приемника не требует использования дополнительных катушек, дополнительных секций блока переменных конденсаторов и переключателя.

Такие ненастраивающиеся усилители дают заметный эффект только в том случае, если в них используются лампы с высокой крутизной, например типа 6Ж14Б (6АС7). Для достижения равномерного усиления в широком диапазоне частот анодная цепь усилителя должна быть выполнена по схеме, изображенной на фиг. 17. Эта схема удовлетворительно работает на частотах 0,1 ÷ 30 *мггц*.

В приемниках ультракоротких волн желательно принимать особые меры для ослабления собственного шума первых ламп приемника. Это является важным потому, что внешние помехи в диапазоне ультракоротких волн очень слабы и шум

на выходе приемника создается, главным образом, его лампами.

Для ослабления шума ламп можно использовать вместо пентодов триоды, которые шумят гораздо слабее многосеточных ламп. Однако, в результате большой емкости между анодом и сеткой лампы усилители высокой частоты на триодах самовозбуждаются, если их собирать по обычным схемам. Поэтому была разработана особая схема усиления высокой частоты на триоде, получившая название схемы с заземленной сеткой (см. фиг. 18). В этой схеме сетка триода

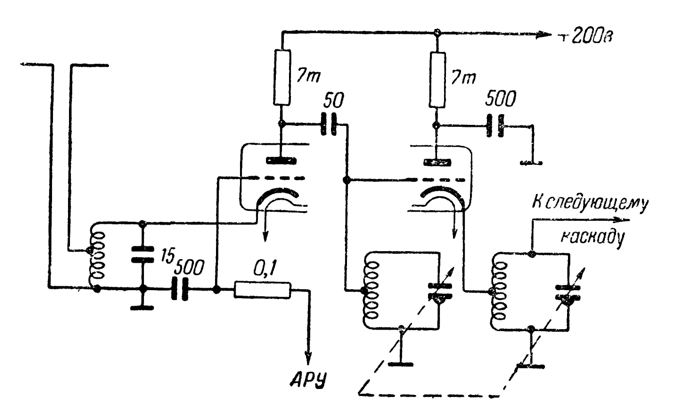


Фиг. 18. Упрощенная схема усилителя высокой частоты с заземленной сеткой.

заземляется, входной контур включается между катодом и землей, а выходной контур—между анодом и сеткой. Нетрудно видеть, что при таком включении междуэлектродная емкость $C_{ск}$, действующая между анодом и сеткой, оказывается приключенной параллельно входному контуру, тогда как емкость $C_{ас}$, действующая между анодом и сеткой, включается параллельно выходному контуру. Таким образом, эти емкости вызывают лишь некоторые изменения настроек контура, но не создают опасной связи контуров, которая могла бы вызвать самовозбуждение схемы. Такая связь создается емкостью $C_{ак}$, действующей между анодом и катодом. Однако, в этой схеме заземленная сетка действует в качестве экрана, который снижает опасную емкость $C_{ак}$ до очень небольшой величины и тем самым устраняет опасность самовозбуждения.

Как видно из фиг. 18, в схеме усилителя на триоде с заземленной сеткой анодный ток лампы протекает по входному

контуру. Можно доказать, что действие этого тока получается таким же, какое было бы получено, если бы входной контур был зашунтирован сопротивлением, равным $R = \frac{1}{S}$, где S—крутизна лампы. Величина этого сопротивления получается обычно порядка 500 ÷ 1000 *ом*. Такое сильное шунтирование входного контура расширяет его полосу пропускания и позволяет делать этот контур ненастраивающимся даже при работе в довольно широком диапазоне частот.



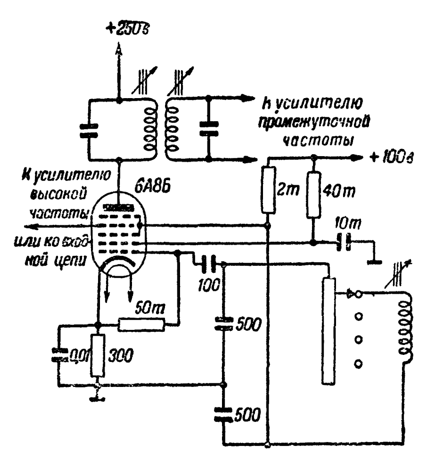
Фиг. 19. Схема входа приемника ультракоротких волн на двойном триоде.

Для того, чтобы получить от усилителя с заземленной сеткой возможно большее усиление, необходимо, чтобы следующий каскад обладал малой величиной входной емкости и оказывал на выходной контур предыдущего каскада слабое шунтирующее действие. Величина емкости и шунтирующее действие входа следующего каскада оказываются минимальными, если этот каскад выполнен по схеме усилителя с включением нагрузочного контура в цепь катода лампы. Для того, чтобы этот второй каскад сам давал достаточно большое усиление, катод лампы присоединяют не ко всему контуру, а к отводу его катушки. Построенная таким образом схема двух первых каскадов приемника ультракоротких волн, работающего на частотах порядка 50 ÷ 100 *мггц*, изображена на фиг. 19.

Рассмотрим теперь новые схемы гетеродинов приемников. Их появилось в последние годы довольно много и все они

позволяют заметно упростить конструкцию катушек и переключателей благодаря тому, что не требуют переключения цепей обратной связи. Кроме того, большинство этих схем при хорошем выполнении может обеспечить несколько более высокую стабильность частоты и постоянство амплитуды колебаний, чем обычно применяемые схемы с трансформаторной или индуктивной трехточечной обратной связью.

В приемниках с фиксированными настройками удобно применять гетеродины, собранные по трехточечной схеме с емкостной обратной связью (фиг. 20). В этом случае при переключении фиксированных настроек в цепь гетеродина достаточно включать различные катушки, заранее настроенные магнитными сердечниками на выбранные частоты. Цепь обратной связи, образуемая конденсаторами в 500 *мкмкф*, при этом не требует никаких переключений.



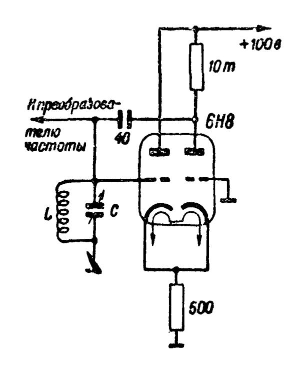
Фиг. 20. Схема гетеродина с емкостной обратной связью и с упрощенным переключением фиксированных настроек.

Широкое применение получили также гетеродины, в которых для возбуждения колебаний параллельно контуру присоединяются различные ламповые схемы, создающие так называемое отрицательное сопротивление.

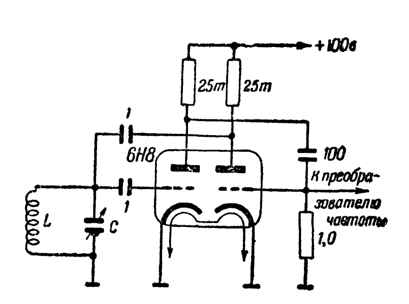
Отрицательными сопротивлениями называют такие устройства, которые обладают падающей вольтамперной характеристикой. Это означает, что при включении такого устройства в какую-либо цепь увеличение силы тока в этой цепи будет вызывать уменьшение падения напряжения на отрицательном сопротивлении и наоборот. На обычном положительном сопротивлении увеличение силы тока вызывает увеличение падения напряжения; такое сопротивление, как известно, потребляет из цепи определенную энергию. Напротив, противоположные изменения величины тока и падения напряжения на отрицательном сопротивлении свидетельствуют о том, что отрицательное сопротивление не потребляет энергию из цепи, в которую оно включено, а наоборот, само вносит энергию в эту цепь. По-

этому отрицательное сопротивление, каким бы способом оно ни создавалось, обязательно должно содержать в своем составе источник энергии. Обычно отрицательное сопротивление представляет собой ту или иную ламповую схему, которая получает энергию от своих источников питания.

Если такое отрицательное сопротивление присоединить параллельно контуру, то при определенных условиях вносимая им в контур энергия сможет обеспечить компенсацию потерь в контуре. В этом случае возникшие первоначально в контуре колебания не будут затухать, как обычно, а будут продолжаться все время, пока будет включено отрицательное сопротивление, то есть возникнет самовозбуждение.



Фиг. 21. Схема гетеродина на двойном триоде.



Фиг. 22. Схема гетеродина на двойном триоде.

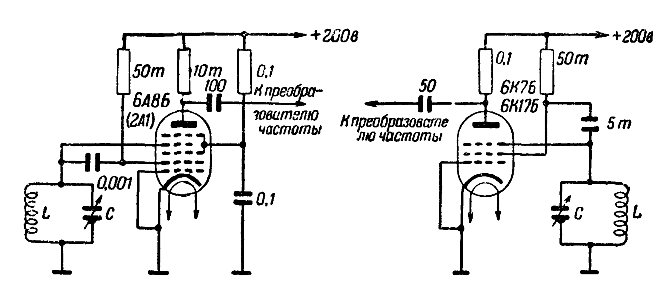
Отметим здесь кстати, что обычные схемы гетеродинов с положительной обратной связью тоже можно рассматривать как устройства, вносящие в контур отрицательное сопротивление.

Хорошо себя зарекомендовали схемы гетеродинов, в которых отрицательное сопротивление создается особым включением двойного триода (6Н7; 6Н8). Эти схемы изображены на фиг. 21 и 22. Они устойчиво работают во всем диапазоне используемых любителями частот, вплоть до самых высоких.

Другой разновидностью гетеродинов с отрицательным сопротивлением являются транзитронные схемы, в которых отрицательное сопротивление создается лампой, поставленной в особый режим. В любительской практике широкое применение находят гетеродины, выполненные на лампах 6А8Б; 2А1 (СБ-241), а также 6К7Б и 6К17Б по транзитронным схемам,

изображенным на фиг. 23. Выпущенные недавно более совершенные преобразовательные лампы типа 6А1Б (6SA7)· 6А10; 1А1П с успехом могут работать в схеме транзитронного гетеродина. изображенной на фиг. 24.

Интересная особенность транзитронных схем состоит в том, что, изменяя напряжение на первой сетке лампы, обычно не используемой в схеме гетеродина, можно изменять частоту генерируемых колебаний в пределах $4 \div 5\%$. Эта особенность транзитронных генераторов может с успехом использоваться



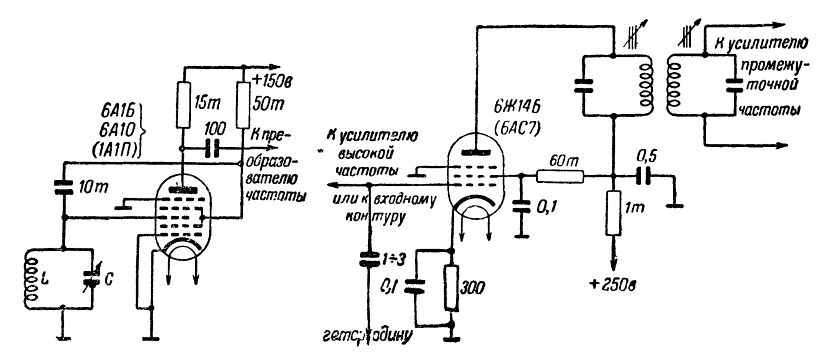
Фиг. 23. Транзитронные схемы гетеродинов на лампах 6А8Б и 6К7Б или 6К17Б.

для создания схем автоматической подстройки. частоты и дистанционного управления настройкой приемника, не содержащих специальной лампы реактивности.

Все приведенные схемы гетеродинов могут обеспечить высокую стабильность частоты генерируемых колебаний, устойчивость их амплитуды и малое содержание гармоник. Однако, реализация этих достоинств в большой степени зависит от конструктивного выполнения гетеродина и в первую очередь от конструкции его колебательного контура. Контур гетеродина должен обладать возможно меньшими потерями, для чего катушка контура должна быть намотана достаточно толстым проводом на каркасе из хорошего диэлектрика. Емкость контура гетеродина не следует брать слишком малой, так как это ухудшает стабильность частоты. Гетеродин надо помещать достаточно далеко от нагревающихся частей приемника, чтобы ослабить влияние нагрева деталей гетеродина на его частоту. В частности, сильно влияет на частоту колебаний нагрев пластмассовой ламповой панели гетеродина, поэтому следует использовать керамические панели. С той же целью ослабления нагрева рекомендуется понижать напряжение питания гетеродина до 80—150 *в*. Наконец, всегда желательно осуществлять

возможно более полную экранировку не только контура гетеродина, но и всех его деталей, включая и лампу, если она имеет стеклянный баллон. Цепи питания гетеродина следует тщательно развязывать посредством фильтров. Все эти мероприятия особенно важны в приемниках с двойным преобразованием частоты.

Заметное улучшение стабильности частоты гетеродина достигается также при питании его высоким напряжением от газоразрядного стабилизатора. В качестве такого стабилизатора



Фиг. 24. Транзитронная схема гетеродина на лампе 6А10 или 6А1Б.

Фиг. 25. Схема смесителя на лампе 6Ж14Б (6АС7).

можно с успехом использовать сигнальную неоновую лампочку с потенциалом зажигания в 70—120 *в*.

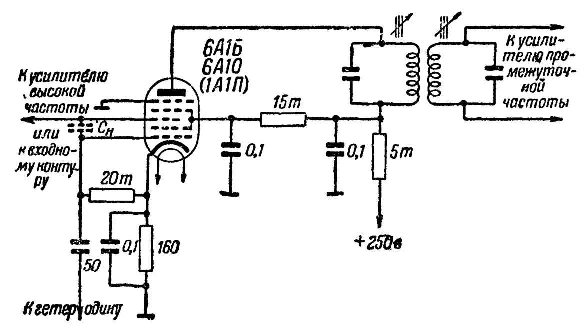
Рассмотрим новые схемы преобразователей частоты.

Как известно, наилучшие результаты дает преобразование частоты, осуществляемое посредством двух различных ламп, одна из которых работает в схеме гетеродина, а другая используется в качестве смесителя.

Очень хорошо работает в качестве смесителя пентод типа 6Ж14Б (6АС7), крутизна преобразования которого составляет 3 *ма/в*. При использовании этой лампы усиление смесительного каскада оказывается в 5 ÷ 8 раз больше, чем усиление каскадов на специальных смесительных лампах. Схема включения лампы 6Ж14Б в смесительном каскаде приведена на фиг. 25. В этой схеме напряжение гетеродина подается на управляющую сетку вместе с напряжением сигнала. Поскольку необходимое напряжение гетеродина на сетке составляет всего 2 ÷ 3 *в*, гетеродин можно соединять с сеткой смесителя через конденсатор емкостью в 1 ÷ 3 *мкмкф*. Столь малая величина

емкости обеспечивает очень слабую связь контуров гетеродина и сигнала, что является важным для хорошей работы смесителя. Конденсатор такой емкости представляет собой два скрученных вместе изолированных проводника. При налаживании приемника следует подобрать наивыгоднейшую величину этой емкости, изменяя длину скрученных кусков провода и толщину их изоляции. Смесители такого типа хорошо работают во всех диапазонах используемых любителями частот.

Широкое применение в качестве смесителей находят также новые лампы 6А1Б (6SA7) и 6А10. Схема включения этих ламп при работе в смесительных каскадах приведена на фиг. 26. Изображенный на этой схеме пунктиром конденсатор



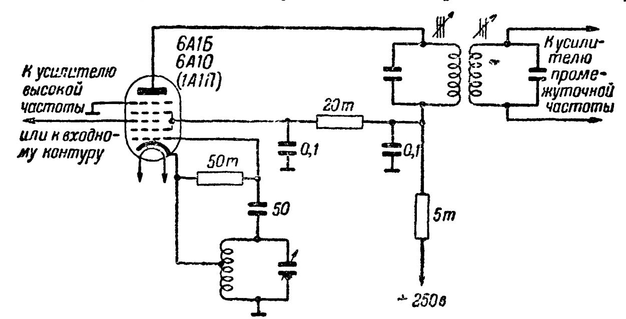
Фиг. 26. Схема смесителя на лампах 6А1Б; 6А10; 1А1П.

$C_н$ иногда может оказаться необходимым для нейтрализации связи контуров сигнала и гетеродина, которая создается пространственным зарядом внутри лампы и снижает усиление смесителя. Этот конденсатор тоже представляет собой два свитых вместе изолированных провода; необходимость его и величина выясняются экспериментально при налаживании схемы.

В диапазоне ультракоротких волн в качестве смесителей широко используются триоды; примеры таких схем были рассмотрены выше.

Среди схем преобразовательных каскадов, в которых одна и та же лампа используется как в качестве гетеродинной, так и в качестве смесительной, необходимо прежде всего остановиться на схемах включения новых ламп типа 6А1Б (6SA7); 6А10; 1А1П. Во всех этих лампах анодом гетеродина служит экранная сетка, которая заземляется по высокой частоте посредством конденсатора большой емкости. Гетеродин при этом выполняется по схеме с трехточечной индуктивной обратной

связью и с заземленным анодом (фиг. 27). При таком включении эти лампы дают более высокое усиление и лучшую стабильность частоты гетеродина, чем аналогичные более старые лампы 6А8Б и 2А1. Однако, схема, изображенная на фиг. 27, в случае применения подогревных ламп 6А1Б и 6А10 обладает одним недостатком, который проявляется особенно заметно в коротковолновых приемниках, предназначенных для работы на телефонные наушники. Этот недостаток состоит в том, что катод лампы не заземляется, а присоединяется к отводу катушки и имеет некоторый потенциал высокой частоты относительно земли. При таких условиях переменное напряжение



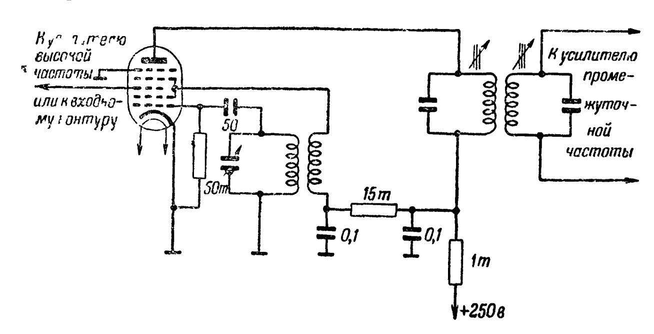
Фиг. 27. Схема преобразовательного каскада на лампах 6А1Б; 6А10; 1А1П.

накала может модулировать принимаемые колебания, в результате чего в телефонах будет слышен фон переменного тока, мешающий приему.

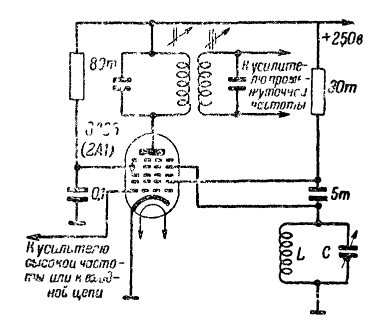
Для борьбы с этим явлением необходимо заземлять катод преобразовательной лампы, что можно сделать, используя в гетеродине трансформаторную обратную связь. Такая схема изображена на фиг. 28. Недостатком ее по сравнению со схемой, изображенной на фиг. 27, является некоторое ухудшение стабильности гетеродина.

Используя в схемах гетеродина и смесителя одну и ту же преобразовательную лампу, можно построить гетеродин по транзитронной схеме, как и в случае применения отдельной лампы. Это позволяет повысить стабильность частоты гетеродина, упрощает конструкцию катушек и переключателя и, кроме того, дает возможность заземлить катод преобразовательной лампы. На фиг. 29 изображена схема такого типа на лампах 6А8Б; 2А1, а на фиг. 30 — схема на лампах 6А1Б; 6А10; 1А1П.

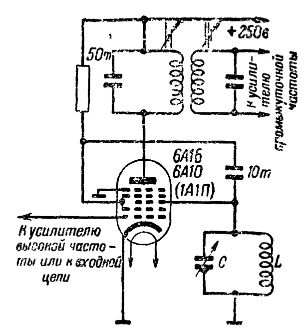
Усиление, даваемое преобразовательным каскадом, в значительной степени зависит от амплитуды напряжения гетеродина. Амплитуда этого напряжения обычно сильно изменяется при настройке приемника на разные частоты, в результате чего усиление преобразователя тоже меняется и чувствительность



Фиг. 28. Схема преобразовательного каскада на лампах 6А1Б; 6А10 с трансформаторной обратной связью гетеродина.



Фиг. 29. Схема преобразователя на лампах 6А8Б; 2А1 с транзитронным гетеродином.

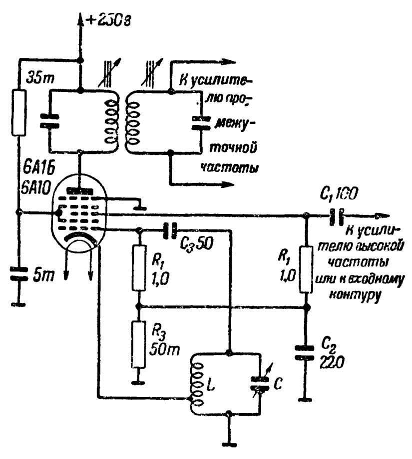


Фиг. 30. Схемы преобразователей на лампах 6А1Б: 6А10; 1А1П и 6К7Б; 6К17Б с транзитронным гетеродином.

приемника на разных частотах диапазона оказывается различной. Для ослабления этого неприятного явления можно использовать схему, примененную в приемнике «Москвич А» и изображенную на фиг. 31.

В этой схеме на сигнальную сетку лампы 6А1Б подается через цепь R_1C_2 напряжение смещения, снимаемое с сопро-

тивления R_3. Это сопротивление R_3 входит в цепь утечки сетки гетеродина и развиваемое на нем постоянное напряжение зависит от амплитуды колебаний гетеродина. В результате такого соединения при увеличении амплитуды колебаний гетеродина напряжение смещения на сигнальной сетке увеличивается и наоборот. Увеличение амплитуды колебаний гетеродина увеличивает усиление преобразователя, а увеличение напряжения смещения его уменьшает. Таким образом осуществляется компенсация влияния изменений амплитуды колебаний гетеродина на усиление преобразователя. Понятно, что этот принцип можно использовать не только в изображенной, но и в любой схеме преобразователя частоты.



Фиг. 31. Схема преобразователя с компенсацией изменений усиления, вызываемых изменениями амплитуды колебаний гетеродина.

Перейдем к усилителям промежуточной частоты.

При постройке супергетеродинных приемников телевидения и частотной модуляции известные затруднения вызывает конструирование усилителей промежуточной частоты с широкой полосой пропускания и довольно высоким усилением. Аналогичные трудности возникают и при постройке широкополосных усилителей высокой частоты в приемниках прямого усиления. Стремясь к упрощению конструкции и к увеличению усиления каждого каскада, в таких усилителях обычно используют одиночные контуры вместо полосовых фильтров. Все контуры различных каскадов такого усилителя можно настроить на одну и ту же резонансную частоту. В этом случае для получения широкой полосы пропускания приходится сильно шунтировать контуры сопротивлениями, увеличивая их затухания и соответственно понижая качество. Усилитель такого типа обладает неравномерным усилением различных частот в пределах полосы пропускания, плохой избирательностью и невысоким усилением.

Значительно лучшие результаты можно получить, несколько расстраивая контуры различных каскадов. В этом случае для

получения той же полосы пропускаемых частот затухания контуров можно сделать меньше. При этом повышается усиление и улучшается избирательность усилителя.

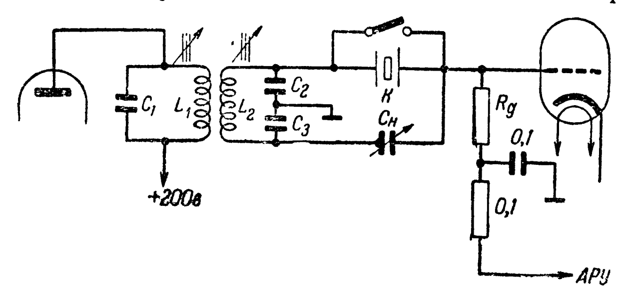
Для получения наилучших результатов важное значение имеет выбор частот, на которые должны настраиваться контуры различных каскадов, а также выбор полос пропускания отдельных контуров. Здесь приводится таблица, содержащая сведения о наиболее выгодных частотах настройки и полосах пропусканий контуров различных каскадов усилителя. В этой таблице f_0 означает среднюю частоту, а Δf — ширину полосы пропускания всего усилителя.

Общее число каскадов усилителя	№ каскада и контура	Резонансная частота контура (каскада)	Полоса пропускания контура (каскада)
2	1	$f_0-0{,}35\,\Delta f$	$0{,}71\,\Delta f$
	2	$f_0+0{,}35\,\Delta f$	$0{,}71\,\Delta f$
3	1	$f_0-0{,}43\,\Delta f$	$0{,}5\,\Delta f$
	2	f_0	Δf
	3	$f_0+0{,}43\,\Delta f$	$0{,}5\,\Delta f$
4	1	$f_0-0{,}46\,\Delta f$	$0{,}38\,\Delta f$
	2	$f_0-0{,}19\,\Delta f$	$0{,}92\,\Delta f$
	3	$f_0+0{,}19\,\Delta f$	$0{,}92\,\Delta f$
	4	$f_0+0{,}46\,\Delta f$	$0{,}38\,\Delta f$
5	1	$f_0-0{,}48\,\Delta f$	$0{,}31\,\Delta f$
	2	$f_0-0{,}29\,\Delta f$	$0{,}81\,\Delta f$
	3	f_0	Δf
	4	$f_0+0{,}29\,\Delta f$	$0{,}81\,\Delta f$
	5	$f_0+0{,}48\,\Delta f$	$0{,}31\,\Delta f$

Если в приемниках телевидения и частотной модуляции конструктор сталкивается с необходимостью обеспечить широкую полосу пропускания усилителя промежуточной частоты, то в приемниках, предназначенных для приема телеграфных сигналов, возникает диаметрально противоположная задача получения очень узкой полосы пропускания. Это может быть достигнуто при использовании в тракте промежуточной частоты кварцевых фильтров, а также фильтров с отрицательным сопротивлением (иногда их называют регенеративными).

На фиг. 32 изображена простейшая схема кварцевого фильтра, используемого в каскаде усиления промежуточной

частоты. В этой схеме емкости конденсаторов C_2 и C_3 имеют одинаковые величины, вдвое превышающие величину емкости C_1, благодаря чему контуры L_1C_1 и $L_2C_2C_3$ оказываются настроенными в резонанс (индуктивности L_1 и L_2 одинаковы). Переменный конденсатор $C_н$ емкостью до 20÷30 *мкмкф* служит для нейтрализации действия емкости кварцедержателя. При правильном подборе величины этого конденсатора по сопротивлению R_g протекают два равных и противофазных тока, один из которых создается под действием напряжения,



Фиг. 32. Схема кварцевого фильтра.

возникающего на конденсаторе C_2, и протекает через емкость кварцедержателя, тогда как другой создается напряжением, возникающим на конденсаторе C_3, и протекает через емкость $C_н$. В сопротивлении R_g эти токи компенсируются. Кварц в этой схеме действует как фильтр с очень узкой резонансной кривой, включенный последовательно с сопротивлением R_g.

Резонансная кривая усилителя промежуточной частоты, выполненного по схеме фиг. 32, приведена на фиг. 33. Она характеризуется резонансной частотой f_0 и так называемой режекторной частотой f_p. При изменении величины емкости $C_н$ резонансная частота f_0 остается неизменной, тогда как режекторная частота f_p изменяется, причем она может быть как выше, так и ниже резонансной частоты.

Резонансная кривая такого вида позволяет осуществить так называемый односигнальный телеграфный прием.

Как известно, при приеме незатухающих телеграфных сигналов по методу биений используется специальный гетеродин, работающий на частоте $f_{гет}$, близкой к промежуточной частоте приемника. Если принимаемый сигнал после пре-

образования имеет частоту $f_{пром.\ сигнала}$, то частота слышимых на выходе приемника биений определяется разностью

$$f_{гет} - f_{пром.\ сигнала} = F_1.$$

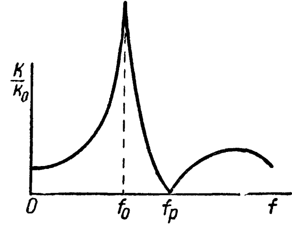
Такая же или близкая частота биений F_2 может быть создана при той же частоте гетеродина $f_{гет}$ сигналами мешающей станции, которые после преобразования имеют частоту $f_{пром.\ помехи}$;

$$f_{пром.\ помехи} - f_{гет} = F_2.$$

Это явление совершенно аналогично возникновению зеркального канала приема в преобразователе частоты супергетеродина. Появление биений близких частот от двух различных станций, частоты которых отличаются на

$$f_{пром.\ сигнала} - f_{пром.\ помехи} = F_1 + F_2,$$

может сильно затруднить прием, особенно при работе в любительских коротковолновых диапазонах, где работает очень много передатчиков.

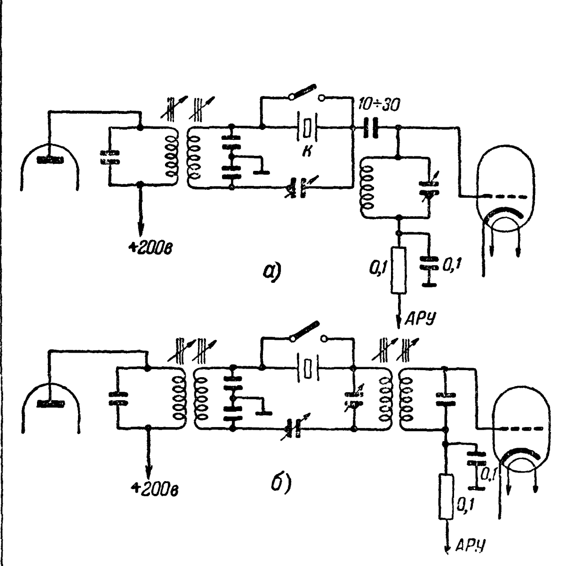


Фиг. 33. Резонансная кривая фильтра, изображенного на фиг. 32.

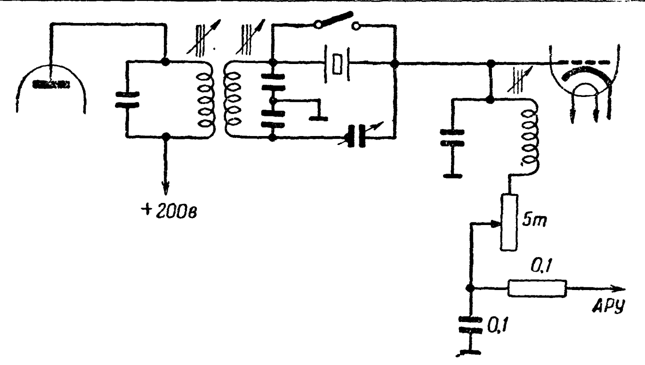
Приемники, не имеющие такого зеркального канала приема относительно частоты телеграфного гетеродина, носят название односигнальных. Односигнальность приема может быть получена, в частности, при использовании фильтра, изображенного на фиг. 32, если режекторную частоту f_p совместить с промежуточной частотой мешающей станции. Таким образом, изменяя величину емкости $C_н$ и частоту телеграфного гетеродина, можно добиться при приеме значительного ослабления помех.

Рассмотренный фильтр благодаря своей простоте может быть установлен в любой уже изготовленный приемник. Недостатком его является очень узкая резонансная кривая, затрудняющая настройку приемника и делающая ее нестабильной из-за возможных изменений частот передатчика и гетеродинов приемника.

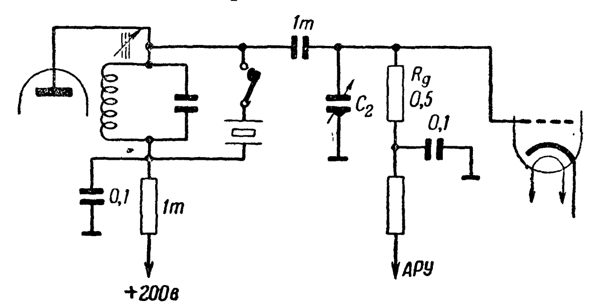
На фиг. 34. изображены две схемы, которые позволяют регулировать ширину резонансной кривой фильтра путем



Фиг. 34. Схемы кварцевых фильтров, в которых ширина резонансной кривой может изменяться путем расстройки одного из контуров.



Фиг. 35. Схема кварцевого фильтра с изменением ширины резонансной кривой посредством переменного сопротивления.



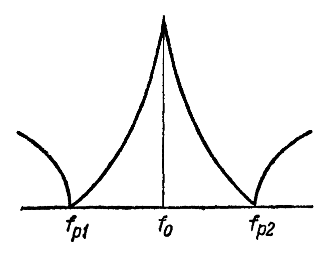
Фиг. 36. Схема кварцевого фильтра с включением кварца параллельно контуру.

расстройки контура, включенного последовательно с кварцем, вместо сопротивления R_g.

Тот же эффект изменения ширины резонансной кривой может быть получен при изменении величины сопротивления включенного в выходной контур фильтра (фиг. 35). Максимальная величина этого сопротивления берется в пределах 5 ÷ 10 тысяч *ом*, причем желательно иметь логарифмический характер его изменения.

Во всех изображенных схемах выключение кварцевого фильтра и переход на работу с нормальной полосой пропускания осуществляются путем замыкания кварца.

На фиг. 36 изображена еще одна возможная схема кварцевого фильтра. Здесь кварц присоединяется параллельно контуру промежуточной частоты. Индуктивность контура подбирается, так, чтобы она вместе с емкостью постоянного конденсатора C_1, с емкостью подстроечного конденсатора C_2 и емкостью кварцедержателя была настроена на резонансную частоту кварца. Форма резонансной кривой такого фильтра изображена на фиг. 37. Она отличается от предыдущей наличием двух режекторных частот f_{p1} и f_{p2}. Изменяя емкость конденсатора C_2, можно в известных пределах передвигать эти режекторные частоты по оси частот. Выключение фильтра производится здесь путем отсоединения кварца.

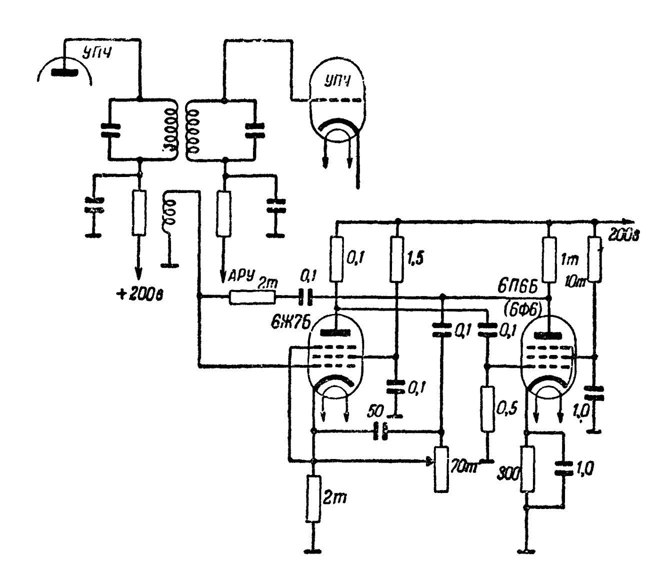


Фиг. 37. Резонансная кривая фильтра, изображенного на фиг. 36.

Во всех рассмотренных схемах могут использоваться обычные генераторные кварцы. Важно, чтобы контуры усилителя промежуточной частоты были настроены по возможности точнее на частоту применяемого кварца. Для осуществления такой настройки удобно собрать простейший кварцевый гетеродин, в который на время настройки контуров включается кварц, вынутый из приемника. С целью улучшения работы фильтра желательно использовать в его схеме контуры высокого качества, однако вполне удовлетворительные результаты получаются и при применении стандартных контуров промежуточной частоты от фабричных приемников.

Наряду с кварцевыми фильтрами для узкополосного приема используются схемы, вносящие в один из контуров обычного усилителя промежуточной частоты отрицательное сопро-

тивление. Величина этого отрицательного сопротивления подбирается таким образом, чтобы оно было незначительно меньше полного положительного сопротивления потерь в контуре. В этом случае энергия, вносимая в контур отрицательным сопротивлением, не полностью компенсирует потери в контуре и самовозбуждение колебаний не возникает, однако затухание



Фиг. 38. Схема узкополосного фильтра с отрицательным сопротивлением.

контура резко снижается и его полоса пропускания делается очень узкой. Такая схема изображена на фиг. 38. Она представляет собой обычный двухкаскадный усилитель, у которого из анодной цепи второй лампы 6П6Б (6Ф6) на сетку первой лампы 6Ж7Б подается напряжение положительной обратной связи, а на катод первой лампы — напряжение отрицательной обратной связи. Вход усилителя посредством катушки индуктивно связывается с одним из контуров промежуточной частоты приемника. Величина связи катушки с контуром подбирается экспериментально. Переменное сопротивление в цепи отрицательной обратной связи величиной в 70 тыс. *ом* позволяет осуществлять регулировку полосы пропускания по промежуточной частоте.

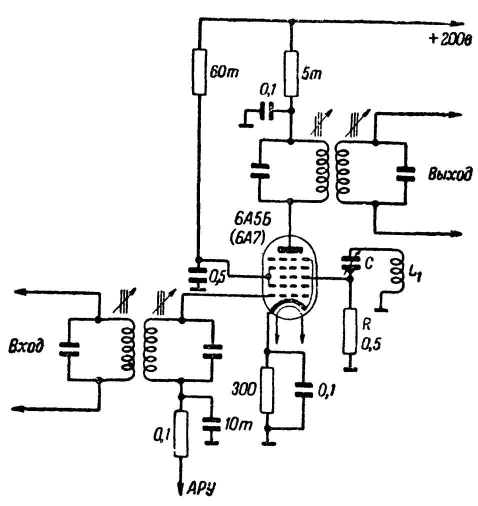
Выше мы уже говорили о том, что в любой схеме гетеродина в контур вносится отрицательное сопротивление, компенсирующее потери в контуре. Если режим работы схемы гетеродина подобрать таким образом, что компенсация потерь в контуре будет неполной, то самовозбуждение колебаний не возникнет, однако затухание контура при этом будет очень небольшим и полоса пропускания его будет очень узкой. Это позволяет включать такой гетеродин без генерации, но находящийся вблизи от самовозбуждения, в схему усилителя промежуточной частоты в качестве контура с узкой полосой пропускания. Наиболее удобно использовать схемы гетеродинов, изображенные на фиг. 21; 22; 23; 24, причем величины деталей этих схем следует изменить таким образом, чтобы добиться срыва генерации. Контур, входящий в схему гетеродина, удобнее всего включить в усилитель промежуточной частоты по схеме параллельного питания. Переход на работу с нормальной полосой пропускания может осуществляться путем отсоединения лампы гетеродина от контура или путем выключения питания этой лампы.

Недостатком рассмотренных фильтров с отрицательным сопротивлением является неустойчивость их работы. Изменения напряжения питания, смена ламп, случайные изменения настройки контуров могут вызвать очень резкие изменения полосы пропускания и усиления фильтра, а иногда это может привести даже к самовозбуждению колебаний. Наряду с рассматриваемыми узкополосными фильтрами промежуточной частоты для приема телеграфных сигналов можно с успехом применять узкополосные фильтры низкой частоты, которые будут описаны в гл. 5.

Рассмотренный метод уменьшения затухания контуров посредством вносимого отрицательного сопротивления с целью повышения усиления и избирательности не представляет по существу ничего нового и уже давно применяется в любительской практике. Действительно, положительную обратную связь, так часто используемую любителями, можно рассматривать, как схему, вносящую в контур отрицательное сопротивление, причем для получения этого отрицательного сопротивления используется та же самая лампа, которая работает в каскаде, охваченном обратной связью.

Используя положительную обратную связь в каскаде усиления промежуточной частоты, можно резко повысить чувствительность приемника и его избирательность по соседним станциям. Применение положительной обратной связи в ка-

скадах усиления высокой частоты тоже повышает чувствительность приемника и улучшает преселекцию. С таким же успехом можно охватывать положительной обратной связью и преобразователи частоты. Дело в том, что анодный и экранный токи преобразовательной лампы содержат составляющие не только промежуточной, но и высокой частоты. Поэтому, если в цепь анода или экранной сетки преобразовательной лампы включить катушку, связанную с предыдущим контуром, то возникнет обратная связь по высокой частоте, улучшающая чувствительность приемника и его преселекцию.



Фиг. 39. Схема каскада с обратной связью на лампе 6А5Б. Катушка L_1 имеет 25 витков и намотана рядом с анодной катушкой полосового фильтра.

В приемниках с автоматической регулировкой усиления применение положительной обратной связи в регулируемых каскадах создает своеобразную автоматическую регулировку полосы пропускания. При приеме слабых сигналов усиление регулируемых каскадов является высоким и сильное действие обратной связи проявляется в резком сужении полосы пропускания. Это ослабляет влияние помех, мешающих приему слабых сигналов. Напротив, при приеме сильных сигналов усиление регулируемых каскадов снижается и действие обратной связи ослабевает; это проявляется в расширении полосы пропускания, что способствует получению высокого качества звучания сильных сигналов.

Однако, наряду с этими достоинствами обычно применяемые схемы положительной обратной связи обладают двумя крупными недостатками. Первый недостаток заключается в том, что регулировка обратной связи изменяет не только усиление каскада, но и его настройку. Второй недостаток состоит в том, что применение положительной обратной связи делает прием неустойчивым. В результате этой неустойчивости коле-

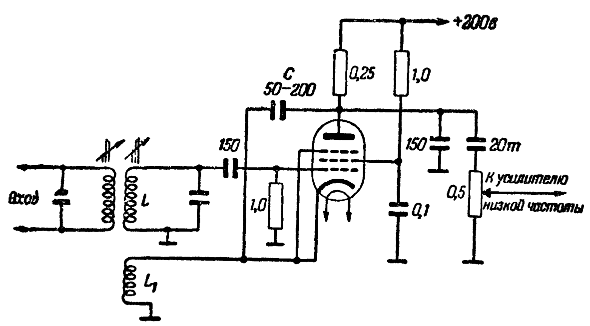
бания питающего напряжения, смена ламп и тому подобные случайные причины вызывают резкие изменения чувствительности и избирательности приемника и даже могут привести к его самовозбуждению. Мы рассмотрим здесь две схемы положительной обратной связи, в которых указанные недостатки в значительной степени ослаблены.

В схеме, изображенной на фиг. 39, в усилительном каскаде используется преобразовательная лампа типа 6А5Б (6Л7), у которой на одну сетку подается усиливаемое напряжение, а на другую сетку — напряжение обратной связи, возникающее на катушке L_1. Регулировка обратной связи производится посредством небольшого переменного конденсатора C с максимальной емкостью порядка 50 *мкмкф*. Такая раздельная подача напряжений сигнала и обратной связи на различные сетки обеспечивает независимость настройки контура от регулировки обратной связи. Эта схема изображена для случая использования обратной связи в каскаде промежуточной частоты, однако тот же принцип можно с успехом использовать в каскадах усиления высокой частоты.

Фиг. 40. Схема каскада усиления промежуточной частоты с положительной и отрицательной обратной связью.

Для повышения устойчивости работы каскада, охваченного положительной обратной связью, в него можно ввести, кроме того, отрицательную обратную связь. Схема и параметры цепи отрицательной обратной связи подбираются таким образом, чтобы она частично компенсировала действие положительной обратной связи. Если в этом случае какая-либо причина вызовет увеличение положительной обратной связи, то под действием этой же причины усилится и отрицательная обратная связь. В результате увеличение положительной обратной связи будет в значительной степени скомпенсировано,

благодаря чему чувствительность и избирательность приемника изменятся незначительно. На фиг. 40 изображена одна из возможных схем такого типа. В этой схеме с контуром в цепи сетки связаны две катушки обратной связи, одна из которых включена в цепь катода лампы, другая — в цепь экранной сетки. Направления витков этих катушек выбираются так, чтобы одна из них создавала положительную обратную связь, а другая — отрицательную.



Фиг. 41. Схема сеточного детектора с положительной и отрицательной обратной связью. Катушка L_1 имеет 6 витков, намотанных между витками катушки L (фильтра промежуточной частоты типа 6Н1).

Регулировка схемы производится следующим образом. Закоротив одну из катушек обратной связи, подбирают число и направление витков другой катушки таким образом, чтобы возникло самовозбуждение колебаний. После этого включают в схему другую катушку обратной связи и подбирают ее число витков и их направление так, чтобы сорвать самовозбуждение и несколько уйти от точки его возникновения, сохранив, однако, достаточное усиление. При этом следует помнить, что при правильном выборе направлений намоток увеличение числа витков катушки положительной обратной связи увеличивает усиление и повышает склонность каскада к самовозбуждению, тогда как для катушки отрицательной обратной связи зависимость получается обратной.

На фиг. 41 изображен каскад сеточного детектирования, также охваченный положительной и отрицательной обратной связью. Здесь используется общая катушка обратной связи, причем положительная обратная связь создается ее включением в цепь катода, тогда как отрицательная обратная связь создается включением той же катушки в цепь анода через

конденсатор *C*. Метод налаживания остается тем же — при отсоединении от катушки конденсатора *C* схема должна генерировать, а присоединение конденсатора *C* должно срывать генерацию, но сохранять достаточно большое усиление.

В заключение этой главы рассмотрим новые схемы автоматических регулировок в приемниках и схему включения индикатора настройки.

Для повышения качества приема важное значение имеет улучшение действия автоматической регулировки усиления. Однако, обычно применяемые схемы не обеспечивают достаточно эффективной регулировки и для ее улучшения в наиболее сложных приемниках используют схемы с усилением регулирующего напряжения до или после детектора. Такие схемы «усиленной автоматической регулировки усиления» получаются довольно сложными и зачастую имеют склонность к самовозбуждению. Стремление упростить схему приемника и повысить надежность его работы привело к появлению некоторых новых схем.

Прежде всего надо отметить, что резкое улучшение действия регулировки усиления можно получить, используя в регулируемых каскадах лампу типа 6А5Б (6Л7) и подавая регулирующее напряжение не только на сигнальную, но и на гетеродинную сетку. Усиление таких каскадов изменяется при изменениях регулирующего напряжения смещения гораздо резче, чем в случае использования обычных пентодов с переменной крутизной. Максимальное усиление при использовании лампы 6А5Б практически получается таким же, как и при использовании лампы 6К7Б.

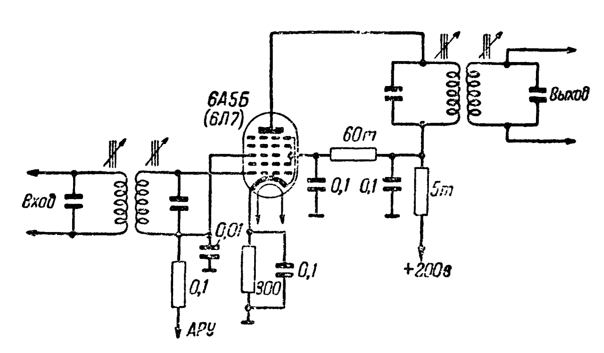
Схема такого каскада приведена на фиг. 42. Ту же двойную регулировку можно осуществить и в схеме, изображенной на фиг. 39. Для этого достаточно нижний конец сопротивления *R* отсоединить от земли и подать на него напряжение автоматической регулировки усиления.

Вместо лампы 6А5Б в этой схеме можно использовать лампы 6А8Б и 2Л1. Новые преобразовательные лампы типа 6А1Б; 6А10; 1А1П в усилительных каскадах использовать нельзя, так как они обладают большой емкостью между сеткой и анодом, которая может вызвать самовозбуждение усилительных каскадов.

На работу автоматической регулировки усиления заметное влияние оказывают схемы питания регулируемых каскадов. Дело в том, что регулировка усиления осуществляется путем изменения напряжения смещения, отчего рабочая точка сдви-

гается по характеристике лампы и изменяется крутизна последней.

Однако, при перемещениях рабочей точки происходят, кроме того, изменения токов, текущих в цепях анода, экранной сетки и катода. Вследствие наличия в этих цепях сопротивлений изменения токов меняют напряжения на соответствующих электродах лампы. Такое изменение напряжений делает регулирование усиления менее эффективным, чем оно было бы при отсутствии изменений напряжений на электродах.



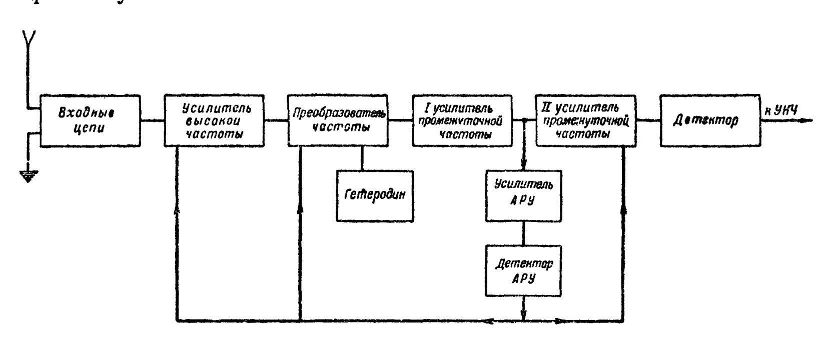
Фиг. 42. Схема усилительного каскада на лампе 6А5Б, с использованием двух сеток для автоматической регулировки усиления.

Для борьбы с этим неприятным явлением в регулируемых каскадах следует по возможности уменьшать величины развязывающих сопротивлений в анодных цепях; питать экранные сетки не через гасительные сопротивления, а от потенциометров и начальные напряжения смещения получать не от катодных сопротивлений, а от какого-либо потенциометра, напряжение которого мало изменяется при действии системы автоматического регулирования усиления.

Обычно используемые схемы автоматической регулировки усиления осуществляют подачу регулирующего напряжения на предшествующие детектору каскады. Гораздо более эффективное действие автоматической регулировки можно получить, подавая регулирующее напряжение также и на каскады, следующие за детектором. Скелетная схема такой регулировки в ее наиболее совершенном виде приведена на фиг. 43.

В этой схеме для усиления принимаемых сигналов используются два каскада промежуточной частоты, причем, с выхода

первого каскада напряжение подается, кроме того, на специальный усилительный каскад, работающий в системе автоматической регулировки усиления. Напряжение, получаемое на выходе этого каскада, детектируется и подается в качестве регулирующего напряжения на каскады усиления высокой частоты, на преобразователь и на первый каскад усиления промежуточной частоты. Кроме того, приблизительно одна треть этого напряжения подается на второй каскад усиления промежуточной частоты

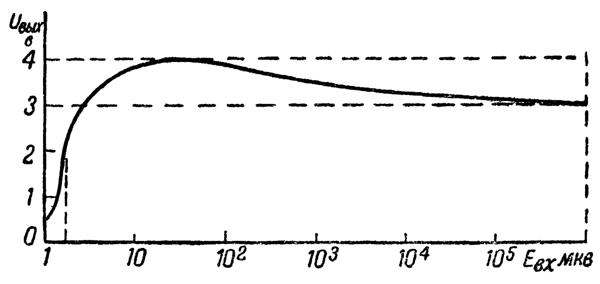


Фиг. 43. Скелетная схема автоматической регулировки усиления с подачей регулирующего напряжения не только на каскады, стоящие до детектора схемы автоматической регулировки, но и на каскады, стоящие за этим детектором.

Такая система автоматической регулировки усиления с подачей регулирующего напряжения не только «назад», но и «вперед», дает очень хорошее регулирование. Характеристика регулирования в одном из приемников с такой регулировкой изображена на фиг. 44. В отличие от обычных, изображенная характеристика после достижения некоторого максимума начинает падать. При изменении входного напряжения от 3 *мкв* до 1 *в*, т. е. при изменении его в 300 000 раз, напряжение на выходе приемника изменяется лишь между 3 и 4 *в*.

При всех своих достоинствах эта система является довольно сложной и может найти лишь ограниченное применение в любительских приемниках. Однако, тот же принцип подачи напряжения «назад» и «вперед» можно осуществить более просто. Для этого достаточно подавать половину или треть регулирующего напряжения не только на каскады высокой и промежуточной частоты, стоящие до детектора, но и на первый каскад усиления низкой частоты. Скелетная схема такой системы изображена на фиг. 45. При использовании этой

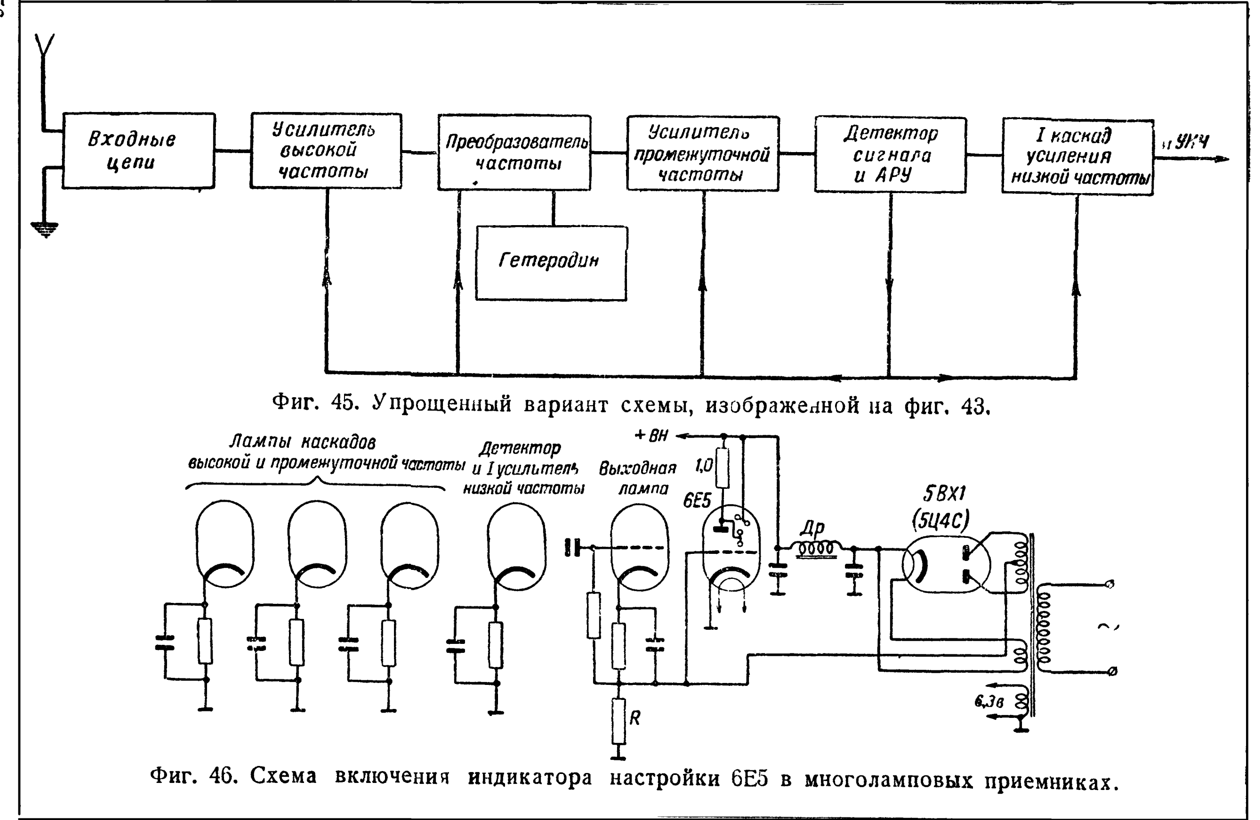
схемы в первом каскаде усиления низкой частоты должна работать лампа с переменной крутизной (типа 6К7Б или подобная ей). Употребляя такую лампу, можно опасаться появления нелинейных искажений. Однако, надо иметь в виду, что усилитель низкой частоты обычно рассчитывается для работы от проигрывателя граммпластинок, который развивает весьма небольшое напряжение. Поэтому, во избежание перегрузок последующих ламп первая лампа усилителя даже при приеме сильных сигналов работает с очень небольшими напряжениями на сетке, при которых нелинейность характеристики практически не сказывается на величине искажений. Опыт исполь-



Фиг. 44. Характеристика системы, изображенной на фиг. 43.

зования таких схем показывает, что при правильном подборе режима лампы вполне можно осуществить регулировку усиления в первом каскаде низкой частоты без сколько-нибудь заметных искажений.

Кроме автоматической регулировки усиления в современных приемниках некоторое применение находит также автоматическая подстройка частоты гетеродина. Осуществление ее в любительских условиях не представляет особых трудностей, однако применение ее имеет смысл далеко не во всех приемниках. Дело в том, что при приеме слабых сигналов система автоматической надстройки очень часто стремится настроить приемник на какой-либо более сильный сигнал с близкой частотой. Это заставляет в отдельных случаях выключать систему автоматической подстройки, что затрудняет обращение с приемником. Поэтому надо считать, что в приемниках с плавным диапазоном гораздо рациональнее принять меры к хорошей стабилизации частоты гетеродина, вместо того чтобы устраивать автоматическую подстройку нестабильного гетеродина.



Фиг. 45. Упрощенный вариант схемы, изображенной на фиг. 43.

Фиг. 46. Схема включения индикатора настройки 6Е5 в многоламповых приемниках.

Применение автоматической подстройки имеет смысл главным образом в приемниках с фиксированными настройками, переключаемыми посредством кнопочного (или какого-нибудь иного) переключателя. В таких приемниках с течением времени происходит изменение фиксированных настроек и введение системы автоматической подстройки может оказаться необходимым для компенсации этих расстроек. Однако, и в этом случае можно избежать необходимости в автоматической подстройке путем использования контуров со стабильными настройками и путем некоторого расширения полосы пропускания приемника. Такое расширение устранит искажения приема при незначительном изменении частоты гетеродина и вместе с тем обеспечит более естественное звучание передач мощных станций, для приема которых только и применяются фиксированные настройки.

Наиболее часто автоматическая подстройка сейчас используется в ультракоротковолновых приемниках телевидения и частотной модуляции. Поскольку непременной частью системы автоматической подстройки является детектор частотной модуляции, мы рассмотрим эти системы в главе, посвященной приему частотной модуляции. Однако, надо сказать, что при тщательном выполнении приемников ультракоротких волн в них вполне можно добиться такой стабильности частоты гетеродина, которая делает ненужным введение системы автоматической подстройки.

Недостатком большинства приемников является плохая работа индикатора настройки 6Е5. Обычно применяемая схема включения этого индикатора, в которой он измеряет напряжение на нагрузке детектора, дает хорошие результаты только при приеме местных станций и лишь в таких приемниках, у которых система автоматической регулировки усиления работает недостаточно хорошо. При наличии эффективной системы автоматической регулировки усиления напряжение на нагрузке детектора в процессе настройки на станцию меняется слабо, что затрудняет определение момента точной настройки по индикатору. С целью повышения чувствительности индикатора в приемниках с эффективной системой автоматической регулировки усиления можно использовать лампы регулируемых каскадов для усиления постоянного напряжения, подаваемого на сетку лампы 6Е5.

При этом напряжение на сетку лампы 6Е5 следует снимать с проволочного сопротивления R, по которому протекают токи катодов всех регулируемых ламп (фиг. 46). При

настройке на станцию регулирующее усиление напряжение сдвигает рабочие точки регулируемых ламп по их характеристикам, изменяя величину тока, протекающего по сопротивлению R. При этом в многоламповых приемниках в момент настройки падение напряжения на сопротивлении R изменяется сильнее, чем изменяется регулирующее напряжение, что и создает усиление постоянного напряжения, подаваемого на сетку лампы 6Е5. Момент точной настройки при таком включении отмечается по наибольшему расширению теневой полосы на экране индикатора.

Для получения наилучших результатов схему надо выполнить таким образом, чтобы по сопротивлению R протекали токи катодов лишь тех ламп, усиление которых подвергается регулированию. Чтобы не усложнять схему, через сопротивление R можно питать также катоды нерегулируемых высокочастотных ламп и первого каскада усиления низкой частоты. Катоды прочих ламп надо присоединить к источнику питания так, чтобы их токи по сопротивлению R не протекали. Сопротивление R полезно зашунтировать конденсатором емкостью 10 ÷ 15 *мкф* (на схеме не показан).

Для того чтобы теневой сектор лампы 6Е5 полностью закрылся, на сетку ее надо подать напряжение порядка *8в*. Величина сопротивления R должна быть такой, чтобы сумма токов катодов всех ламп, питаемых через это сопротивление, при начальном напряжении смещения, протекая по сопротивлению R, развивала на нем напряжение 8 *в*, то есть

$$R = \frac{8}{\Sigma I_к},$$

где $\Sigma I_к$ — сумма токов катодов всех ламп, питаемых через сопротивление R (в том числе и самой лампы 6Е5), при начальном напряжении смещения.

Усиление изменений постоянного напряжения, подаваемого на сетку лампы 6Е5, по сравнению с изменениями регулирующего напряжения, определяется величиной

$$K = 1{,}2R \cdot \Sigma S.$$

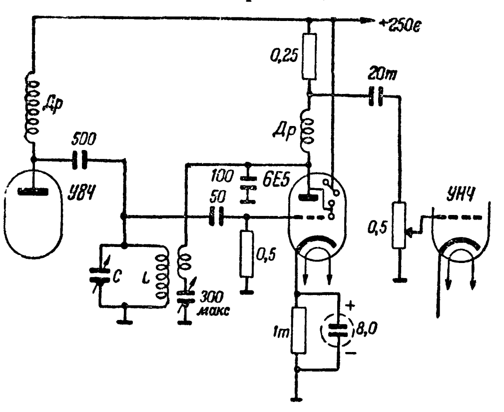
Здесь ΣS — сумма крутизн анодных характеристик регулируемых ламп при исходном напряжении смещения, а множитель 1,2 учитывает увеличение крутизны катодного тока по сравнению с крутизной анодного тока.

Применение рассмотренной схемы имеет смысл лишь в таких приемниках, где величина K превышает единицу, что обычно имеет место в многоламповых приемниках.

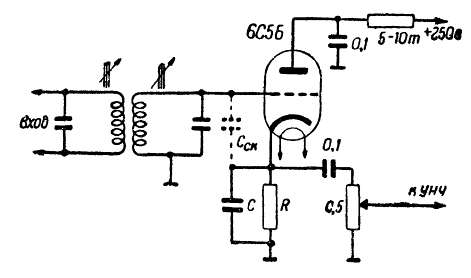
ГЛАВА ВТОРАЯ

НОВОЕ В ТЕХНИКЕ ПРИЕМА АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Говоря о приеме колебаний с амплитудной модуляцией, надо сказать, что в последние годы велась большая работа по усовершенствованию ряда новых методов приема, в частности, детектирования одной полосы боковых частот. Однако, эти новые методы пока что мало доступны для любителей ввиду большой сложности аппаратуры. Что же касается новинок, применяемых в любительской практике, то их число в этой области очень невелико. Среди них можно отметить использование лампы 6Е5 в качестве комбинированного сеточного детектора с обратной связью и индикатора настройки в малоламповых приемниках. Схема такого включения приведена на фиг. 47. Надо иметь в виду, что индикация настройки в такой схеме получается не очень хорошей, так что настраиваться по индикатору можно лишь на наиболее сильные станции.



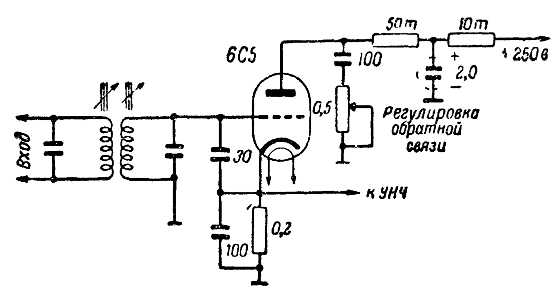
Фиг. 47. Схема включения лампы 6Е5 в качестве сеточного детектора и индикатора настройки.



Фиг. 48. Схема катодного детектора.

Другой интересной новой схемой является так называемый катодный детектор. Этот тип детектора, как и обычный диодный детектор, дает очень небольшие искажения сигналов и не боится перегрузок, но в отличие от диодного детектора он обладает высоким входным сопротивлением и слабо шунтирует предыдущий контур, не снижая усиления и избира-

тельности предыдущего каскада. Схема такого детектора приведена на фиг. 48. В этой схеме модулированное напряжение высокой частоты подается на сетку и катод триода (например 6С5Б) через конденсатор C емкостью 100 ÷ 200 *мкмкф*. Параллельно этому конденсатору включено сопротивление R в 500—300 *т. ом*. Напряжение смещения, возникающее на этом сопротивлении, сдвигает рабочую точку к нижнему перегибу характеристики анодного тока Благодаря этому происходит анодное детектирование и в анодном токе лампы появляется составляющая звуковой частоты. Эта звуковая



Фиг. 49. Схема регенеративного катодного детектора.

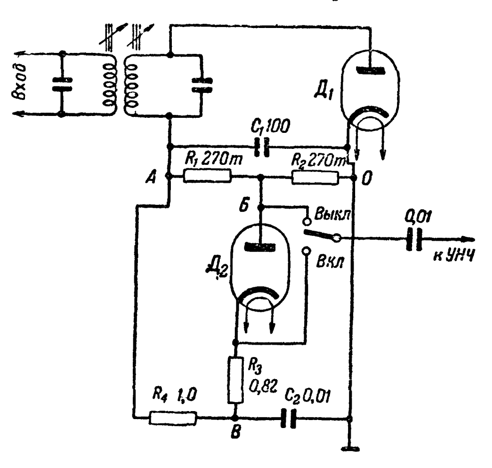
составляющая протекает по сопротивлению R и создает на нем звуковое падение напряжения, которое подается на усилитель низкой частоты.

В результате того, что нагрузка детектора включена в цепь катода, возникающее на нагрузке напряжение оказывается приложенным между сеткой и катодом лампы. Это создает очень сильную отрицательную обратную связь, в результате чего триод не дает усиления и выходное напряжение такой схемы оказывается незначительно меньше выходного напряжения обычного диодного детектора. Однако, эта же отрицательная обратная связь обеспечивает малую величину искажений и высокое входное сопротивление схемы.

Если принять во внимание наличие междуэлектродной емкости $C_{ск}$, то нетрудно видеть, что эта схема представляет собой обычный генератор с заземленным анодом и емкостной обратной связью. При уменьшении емкости C или при увеличении емкости $C_{ск}$ такая схема начинает генерировать. Это позволяет использовать ее в качестве регенеративного детектора, который, однако, обладает меньшей чувствитель-

ностью, чем обычный сеточный регенеративный детектор. Удобная схема регулировки обратной связи изображена на фиг. 49.

Большой интерес представляют схемы, позволяющие несколько ослабить воздействие импульсных помех на приемники амплитудной модуляции. Из большого количества предложенных для этой цели схем в любительской практике могут найти применение лишь наиболее простые. При этом наиболее предпочтительными являются схемы, не требующие каких-либо регулировок в зависимости от силы принимаемых сигналов. Рассмотрим две схемы, удовлетворяющие этим требованиям.

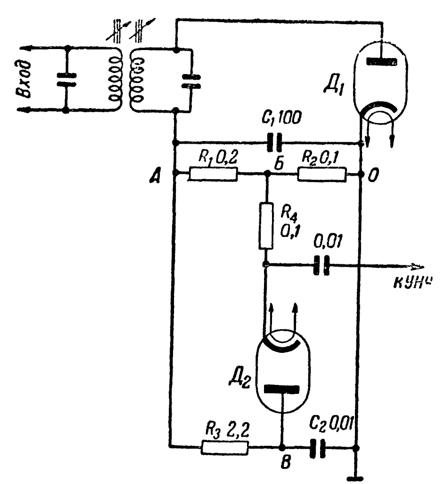


Фиг. 50. Схема последовательного шумоподавителя с автоматической установкой порога срезания помех.

Шумоподавитель, схема которого изображена на фиг. 50, срезает как шумы, так и полезные сигналы, уровень которых превышает уровень 40% модуляции. Понятно, что такой шумоподавитель вносит сильные искажения в звучание передачи и может применяться лишь для связной радиотелефонии.

Чтобы понять, как работает эта схема, допустим, что на вход ее подается немодулированное напряжение несущей частоты. Диод $Д_1$ вместе с сопротивлениями R_1R_2 и конденсатором C_1 образует обычный диодный детектор. Пусть высокочастотное напряжение имеет такую величину, что выпрямленное напряжение на сопротивлениях R_1R_2 составляет 10 *в*. Поскольку сопротивления R_1R_2 имеют одинаковые величины, потенциал точки *Б* относительно земли составляет — 5 *в*. Напряжение, действующее на сопротивлении R_1, приложено к делителю, составленному из сопротивлений R_3R_4 и из диода $Д_2$. Катод диода при этом оказывается отрицательным по отношению к аноду и диод оказывается отпертым. При этом точка *В* имеет потенциал —7 *в* относительно земли. Это напряжение — 7 *в* заряжает конденсатор большой емкости C_2.

Пусть теперь на схему подаются модулированные колебания. При этом потенциал точки *Б* изменяется в соответствии с модуляцией около своего среднего значения —5 *в* Вместе с тем потенциал точки *В* не может изменяться со звуковой частотой вследствие большой величины емкости C_2 и сопротивления R_4 и остается равным — 7 *в*. Если в процессе модуляции потенциал точки *Б* снизится ниже —7 *в*, что соответствует уровню модуляции в 40%, то анод диода $Д_2$ окажется отрицательным по отношению к его катоду и диод запрется.



Фиг. 51. Схема параллельного шумоподавителя с автоматической установкой порога срабатывания.

Напряжение на усилитель низкой частоты снимается с катода диода. При запирании последнего вход усилителя через сопротивление R_3 оказывается присоединенным к конденсатору C_2, напряжение на котором неизменно. Тем самым при превышении уровня 40% модуляции усилитель низкой частоты отсоединяется от выхода детектора.

Понятно, что при изменении средней амплитуды подаваемого на детектор высокочастотного напряжения все напряжения схемы соответственно изменяются, так что срезание помехи всегда происходит на уровне 40% модуляции. Этот уровень можно изменять, меняя соотношения сопротивлений R_1R_2 и R_3R_4.

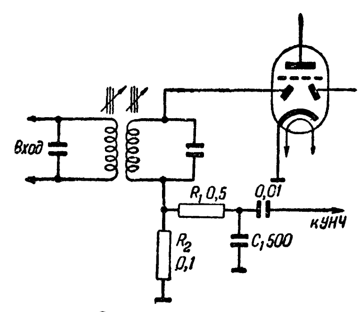
Для выключения шумоподавителя вход усилителя низкой частоты присоединяется к аноду диода $Д_2$.

Другая схема шумоподавителя, изображенная на фиг. 51, носит название параллельной и тоже автоматически устанавливает уровень порога ограничения. В изображенной схеме ограничение происходит на уровне 100% модуляции. Это позволяет использовать ее в радиовещательных приемниках, а также делает ненужной установку выключателя ограничителя.

Рассмотрим работу этого шумоподавителя. Пусть выпрямленное немодулированное напряжение на сопротивлениях

R_1R_2 опять составляет 10 *в*, так что потенциал точки *А* относительно земли составляет —10 *в* Это напряжение через сопротивление R_3 заряжает конденсатор C_2 до потенциала —10 *в*. Потенциал точки *Б* при равных сопротивлениях R_1R_2 составляет —5*в*. При этих условиях диод $Д_2$ оказывается запертым.

Пусть теперь на схему действует модулированное напряжение высокой частоты. В этом случае потенциал точки *Б* изменяется в соответствии с модуляцией около своего среднего значения —5 *в*. Потенциал точки *В* остается неизменным и равным —10 *в* вследствие большой величины сопротивления R_3 и конденсатора C_2. До тех пор, пока потенциал точки *Б* не опустится ниже —10 *в*, диод $Д_2$ остается запертым. В этом режиме вход усилителя низкой частоты оказывается присоединенным к точке *Б* через сопротивление R_4, так что на вход усилителя подается звуковое напряжение.



Фиг. 52. Схема детектора с повышенной помехоустойчивостью.

Если же под действием помехи потенциал точки *Б* опустится ниже—10 *в*, что соответствует уровню 100% модуляции, то диод $Д_2$ отопрется и напряжение, действующее на сопротивлении R_2, будет попадать на вход усилителя низкой частоты через цепь R_4C_2. Вследствие большой емкости конденсатора C_2 это напряжение практически будет постоянным и равным —10 *в*. Таким образом импульс помехи будет ограничен на уровне 100% модуляции.

Как и в предыдущей схеме, изменение средней амплитуды приходящих высокочастотных сигналов вызовет здесь пропорциональное изменение всех напряжений, так что процентный уровень ограничения не изменится.

Изменяя соотношение сопротивлений R_1R_2, можно понизить уровень ограничения. В этом случае наиболее сильные звуки будут восприниматься приемником с небольшими искажениями, но воздействие помех на него будет ослаблено.

Остановимся еще на одной интересной схеме детектора с повышенной помехоустойчивостью. В этой схеме (фиг. 52) нагрузка детектора выполнена таким образом, что его выходное напряжение не может изменяться быстрее, чем это нужно

для воспроизведения наиболее высокой частоты модуляции. Такой детектор меньше подвержен действию импульсных помех, чем обычно применяемые схемы. Однако, вместе с тем чувствительность такого детектора получается очень невысокой, что заставляет увеличивать общее усиление приемника. Целесообразность применения такого детектора может быть выяснена лишь в процессе его эксплоатации любителями.

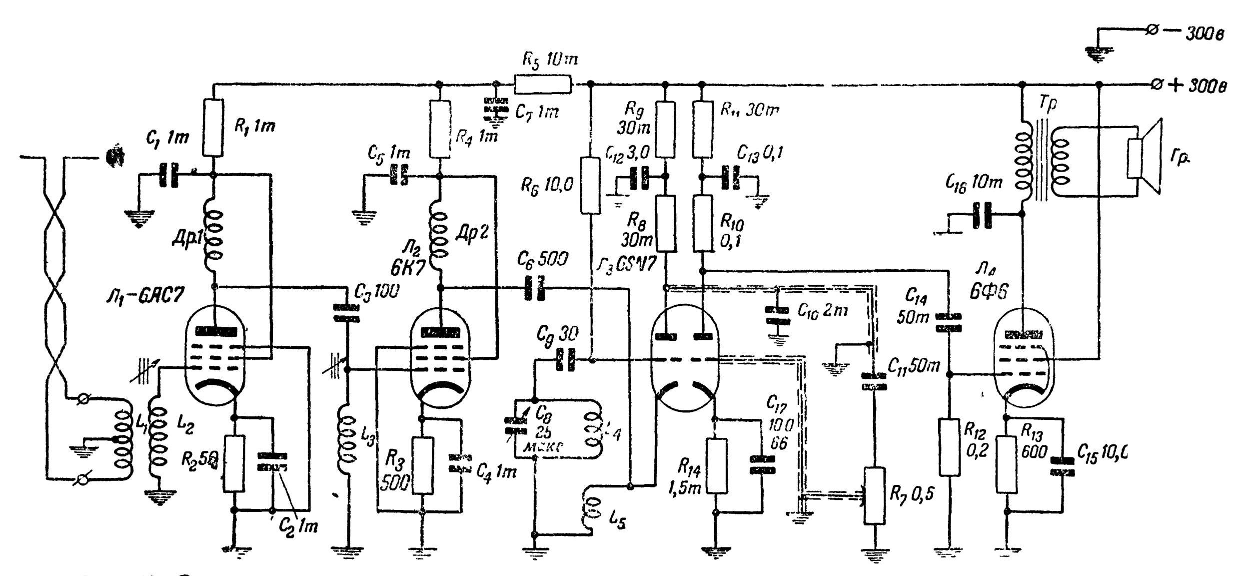
ГЛАВА ТРЕТЬЯ

НОВОЕ В ТЕХНИКЕ ПРИЕМА ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

В последние годы частотная модуляция находит все более широкое применение для передачи звукового сопровождения телевидения, а также в высококачественном местном радиовещании. В связи с этим была проведена большая работа, которая позволила сильно упростить конструкции приемников частотной модуляции и сделать их более пригодными для массового производства и самостоятельного изготовления любителями.

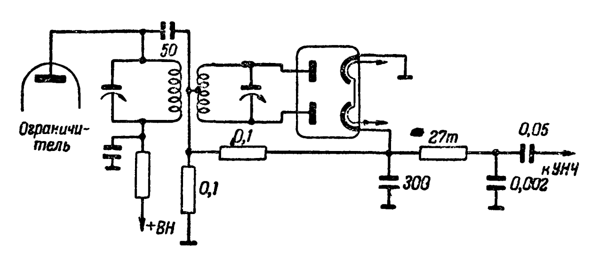
Выше мы уже рассмотрели наиболее простые типы приемников частотной модуляции, которые представляют собой одно- и двухламповые супергетеродины со сверхрегенеративным детектором. Такие приемники обладают высокой чувствительностью, слабо воспринимают помехи и обеспечивают удовлетворительное качество воспроизведения передач.

Сверхрегенеративные приемники можно выполнять и по схеме прямого усиления, без преобразования частоты принимаемых сигналов в промежуточную частоту. В этом случае для повышения чувствительности и для устранения излучения перед сверхрегенеративным каскадом необходимо ставить каскад усиления высокой частоты. Схема такого типа используется в качестве приемника звукового сопровождения в телевизоре ТАГ-5 (фиг. 53). Однако при очень небольшом упрощении такие схемы сверхрегенераторов прямого усиления значительно уступают супергетеродинным сверхгенераторам. Дело в том, что во всех этих схемах преобразование частотной модуляции в амплитудную модуляцию производится посредством использования расстроенного контура сверхрегенератора (об этом было сказано в гл. 1). Для того, чтобы получаемая амплитудная модуляция была достаточно глубокой, наклонная



Фиг. 53. Схема сверхрегенеративного приемника прямого усиления для приема звукового сопровождения телевидения с частотной модуляцией (из телевизора ТАГ-5).

часть резонансной кривой контура должна быть достаточно крутой, для чего вся резонансная кривая не должна быть чрезмерно широкой. В схемах прямого усиления контур работает на относительно высокой частоте сигнала и его резонансная кривая оказывается шире, чем резонансная кривая контура, работающего на более низкой промежуточной частоте в супергетеродинной схеме. Желая сузить резонансную кривую контура и сделать ее боковые ветви более крутыми, в схемах прямого усиления можно лишь повышать качество контура, что представляет немалые трудности. В супергетеро-



Фиг. 54. Обычная схема частотного детектора.

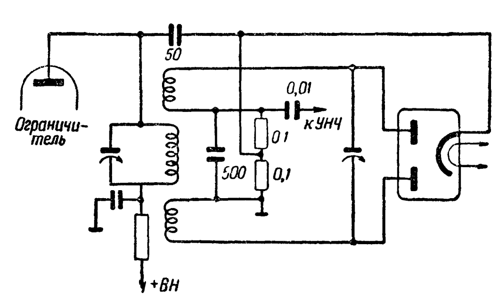
динном приемнике можно гораздо проще добиться того же результата, снижая промежуточную частоту. Поэтому в супергетеродинных сверхрегенеративных приемниках преобразование частотной модуляции в амплитудную можно сделать более эффективным, благодаря чему заметно увеличивается громкость приема и ослабляется влияние помех.

Заметим здесь, что очень сильно понижать промежуточную частоту и сужать резонансную кривую контура тоже нельзя. Действительно, для неискаженного приема необходимо, чтобы колебания частоты принимаемого сигнала с частотной модуляцией не выходили за пределы прямолинейного участка ската резонансной кривой: следовательно, эта резонансная кривая не должна быть чрезмерно узкой. При контурах среднего качества наилучший прием радиовещания с частотной модуляцией получается при выборе величины промежуточной частоты порядка 15 - 30 *мггц*.

Сверхрегенеративные схемы могут использоваться, главным образом, в тех случаях, когда простота является наиболее важным качеством приемника. Если же желательно полностью использовать все возможности частотной модуляции для получения высокохудожественного приема без помех, то следует применить приемник, построенный по обычной

схеме супергетеродина со специальным частотным детектором (дискриминатором).

В настоящее время наиболее распространенной схемой частотного детектора является схема, изображенная на фиг. 54. Одним из недостатков ее является необходимость использовать двойной диод с раздельными катодами. Свободна от этого недостатка схема частотного детектора, изображенная на фиг. 55. По принципу действия эта схема не отличается от предыдущей, но в ней обмотка вторичного контура разделена на две половины, которые соединены конденсатором в 500 *мкмкф*. Этот конденсатор обеспечивает соединение обмоток по высокой частоте, и изолирует их по звуковой частоте. Нагрузочные сопротивления присоединены параллельно этому конденсатору. При таком изменении схемы катоды диодов могут быть объединены, однако заземлять их нельзя, что сильно ограничивает возможности применения комбинированных ламп.



Фиг. 55. Схема частотного детектора с объединенным катодом диодов.

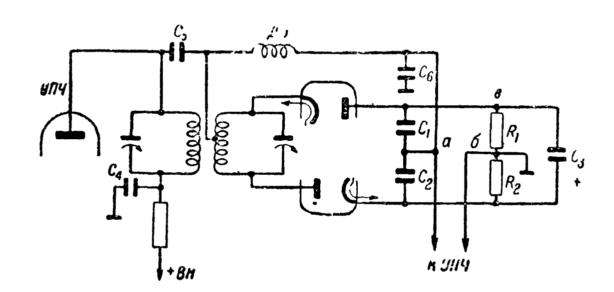
Выходное напряжение частотных детекторов обычного типа зависит не только от частоты принимаемых колебаний, но и от их амплитуды. В результате такой детектор воспринимает не только полезную частотную модуляцию, создаваемую передатчиком, но и вредную амплитудную модуляцию, создаваемую помехами, отчего на выходе приемника прослушиваются шумы и трески.

Для ослабления помех перед частотным детектором ставят специальный каскад — ограничитель амплитуды. Этот каскад уничтожает колебания амплитуды принимаемого сигнала прежде, чем он подается на частотный детектор.

Для нормальной работы ограничителя амплитуды на вход его необходимо подавать довольно большое напряжение сигнала (порядка нескольких вольт). Поэтому, используя ограничитель, надо увеличивать усиление предшествующих каскадов. Такое увеличение усиления вместе с необходимостью иметь в схеме приемника ограничительный каскад сильно усложняет и удорожает конструкцию приемника.

В последние годы был разработан новый тип частотного детектора, который называется относительным или дробным. Его особенность состоит в том, что он не воспринимает быстрых изменений амплитуды сигнала и поэтому не нуждается в ограничителе. Кроме того, для нормальной работы на вход такого детектора можно подавать гораздо более низкое напряжение, чем на вход ограничителя амплитуды. Это позволяет уменьшить усиление предшествующих каскадов и таким образом заметно упростить весь приемник.

Основная схема относительного частотного детектора изображена на фиг. 56. Как и в обычной схеме частотного



Фиг. 56. Основная схема относительного частотного детектора.

детектора, в ней используются два индуктивно-связанных контура и соединения выполнены таким образом, что на каждом из диодов действует сумма высокочастотных напряжений, снимаемых с первичного контура и с разных половин вторичного контура (через конденсаторы C_4; C_5; C_6; C_1; C_2). Если частота принимаемых колебаний совпадает с резонансной частотой контуров, то эти высокочастотные напряжения на двух диодах оказываются одинаковыми по величине. При отклонениях принимаемой частоты от резонансной в какую-либо сторону напряжение на одном из диодов увеличивается, а на другом уменьшается. Отклонение частоты в другую сторону вызывает увеличение напряжения на том диоде, на котором оно в предыдущем случае убывало, и наоборот.

Выпрямленный ток верхнего диода через верхнюю половину катушки вторичного контура и через дроссель заряжает конденсатор небольшой емкости C_1, а выпрямленный ток нижнего диода через нижнюю половину катушки вторичного контура и через тот же дроссель заряжает конденсатор C_2.

Выпрямленное напряжение на конденсаторе C_1 приблизительно равняется амплитуде высокочастотного напряжения на верхнем диоде, а напряжение на нижнем конденсаторе C_2 приблизительно равняется амплитуде высокочастотного напряжения на нижнем диоде.

Параллельно конденсаторам C_1 и C_2 присоединен конденсатор C_3 с большой емкостью (несколько микрофарад). Этот конденсатор заряжается до напряжения, равного сумме напряжений на конденсаторах C_1 и C_2. Таким образом, напряжение на конденсаторе C_3 зависит от амплитуды принимаемого сигнала. Однако, вследствие большой емкости конденсатора C_3 напряжение на нем, а вместе с тем и на конденсаторах C_1, C_2 не может изменяться быстро. Это позволяет сказать, что напряжение на конденсаторе C_3 определяется средним значением амплитуды принимаемого сигнала и не меняется при резких и кратковременных колебаниях этой амплитуды.

Следовательно, суммарное напряжение на конденсаторах C_1 и C_2 определяется средним значением амплитуды принимаемого сигнала и не изменяется, если этот сигнал обладает амплитудной модуляцией, созданной помехами.

Параллельно этим конденсаторам включен делитель напряжения, состоящий из двух равных сопротивлений R_1R_2. Средняя точка этих двух сопротивлений (точка *б*) заземляется и имеет нулевой потенциал.

Пусть принимаемый сигнал имеет частоту, совпадающую с резонансной частотой контуров. В этом случае на оба диода подаются равные по величине высокочастотные напряжения и на конденсаторах C_1 и C_2 возникают равные по величине выпрямленные напряжения. Следовательно, суммарное выпрямленное напряжение, действующее на этих конденсаторах, делится между ними пополам. Поскольку сопротивления R_1R_2 тоже делят это напряжение пополам, между средней точкой конденсаторов C_1 и C_2 (точка *а*) и средней точкой сопротивлений (точка *б*) никакой разности потенциалов нет.

Если же частота колебаний будет отличаться от резонансной частоты контуров, то высокочастотные напряжения, подаваемые на диоды, будут различными. Соответственно изменятся и выпрямленные напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 — на одном конденсаторе напряжение станет больше, а на другом — меньше. При этом потенциал точки *а* изменится и между точками *а* и *б* возникнет детектированное напряжение, величина и знак которого будут зависеть от величины и знака отклонения частоты сигнала от резонансной частоты контуров.

Следовательно, напряжение между точками *а* и *б* меняется в соответствии с модуляцией частоты.

Таким образом, сумма напряжений на конденсаторах C_1 и C_2 определяется средней амплитудой сигнала и не зависит от шумовой амплитудной модуляции. Колебания частоты изменяют лишь отношение, в котором это напряжение делится между конденсаторами C_1 и C_2, благодаря чему изменяется разность потенциалов между точками *а* и *б*. Названия такого детектора — относительный или дробный — подчеркивают эту особенность его работы.

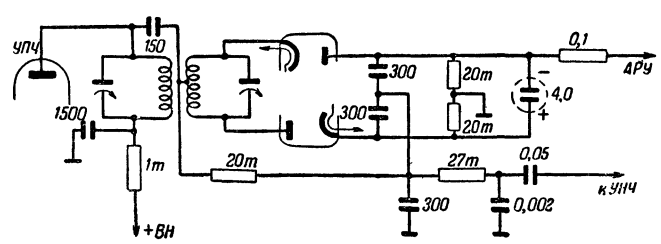
Помимо того, что сопротивления R_1R_2 образуют делитель напряжения, действующего на конденсаторе C_3, эти сопротивления имеют в схеме относительного детектора еще одно назначение. Они создают цепь, через которую может медленно разряжаться конденсатор C_3. Если бы такой цепи не было, то при уменьшении амплитуды принимаемого сигнала на конденсаторе C_3 сохранилось бы большое напряжение, которое заперло бы диоды и нарушило работу относительного детектора.

Рассмотрение принципа действия этой схемы приводит к выводу, что величина выходного напряжения не зависит от резких изменений амплитуды принимаемых колебаний, за которыми не может следовать напряжение на конденсаторе C_3, но что выходное напряжение зависит от средней амплитуды принимаемых сигналов. Для того, чтобы ослабить эту зависимость, в схемы приемников, использующие относительный детектор, вводят автоматическую регулировку усиления, причем регулирующее напряжение снимают с сопротивления R_1. Это напряжение равняется половине напряжения на конденсаторе C_3.

На фиг. 57 изображена одна из практически применяемых схем относительного детектора. В целях упрощения дроссель заменен сопротивлением в 20 тыс. *ом*. Выходное напряжение детектора подается на усилитель низкой частоты через цепь тон-контроля, состоящую из сопротивления в 27 тыс. *ом* и конденсатора с емкостью 0,002 *мкф*. Эта цепь является обязательной во всех приемниках частотной модуляции и ослабляет воспроизведение высших звуковых частот с целью уменьшения действия помех. Искажений звучания при этом не происходит, так как при передаче производится соответствующее подчеркивание высших звуковых частот модуляции.

Налаживание относительных детекторов производится следующим образом Подав на вход напряжение промежуточной

частоты, при помощи высокоомного вольтметра измеряют напряжение на сопротивлении R_1, т. е. между точками *б* и *в* (см. фиг. 56) и настраивают контуры до достижения максимума этого напряжения. Затем, измеряя напряжение между точками *а* и *б*, подстраивают вторичный контур до получения нулевого напряжения. После этого следует изменять частоту колебаний в обе стороны от резонансного значения и проверить, изменяется ли напряжение между точками *а* и *б* пропорционально отклонениям частоты. Для радиовещательных приемников такая пропорциональность должна иметь место



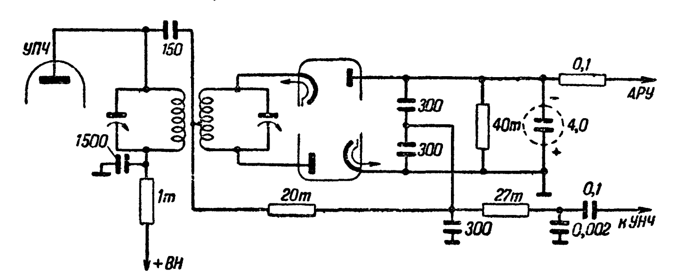
Фиг. 57. Практическая схема относительного частотного детектора.

в пределах отклонений на $\pm 75 \div 100$ *кгц*. Несимметричность и нелинейность получаемой зависимости выходного напряжения от расстройки должна быть устранена путем подбора одинаковых величин сопротивлений R_1R_2 и емкостей C_1C_2, а также путем регулировки связи между первичным контуром и половинами катушки вторичного контура.

Рассмотренный тип относительного детектора носит название симметричного или сбалансированного. На фиг. 58 изображена схема так называемого несбалансированного относительного частотного детектора Она отличается от предыдущей лишь тем, что не имеет делителя напряжения, действующего на конденсаторе C_3. В несбалансированной схеме заземляется не средняя точка этого делителя, а одна из обкладок конденсатора C_3. Вместо делителя схема содержит лишь одно сопротивление для разряда конденсатора C_3. В результате такого соединения выходным напряжением детектора является напряжение, возникающее на конденсаторе C_2. При подаче на детектор резонансной частоты это напряжение составляет половину суммарного напряжения, действующего на конденсаторе C_3, а при отклонениях частоты от резонансной в ту или

другую сторону напряжение соответственно увеличивается или убывает. Достоинством этой схемы является двукратное увеличение напряжения автоматической регулировки усиления по сравнению с предыдущей схемой.

Для регулировки несбалансированной схемы параллельно конденсатору C_3 следует присоединить временный делитель напряжения из двух равных сопротивлений. После этого регулировку схемы можно производить точно так же, как и в случае сбалансированного детектора, присоединяя вольтметр сначала к концам делителя и настраивая контуры до получения максимума напряжения, а затем присоединяя его к средней точке конденсаторов C_1 и C_2 и к средней точке временного делителя и подстраивая вторичный контур до получения нулевого отсчета. После регулировки временный делитель напряжения отсоединяется.



Фиг. 58. Схема несбалансированного относительного частотного детектора.

Типичными цифрами для относительного детектора, работающего на промежуточной частоте 4,3 *мгц* и включенного в анодную цепь лампы 6К15Б (6АБ7), являются следующие:

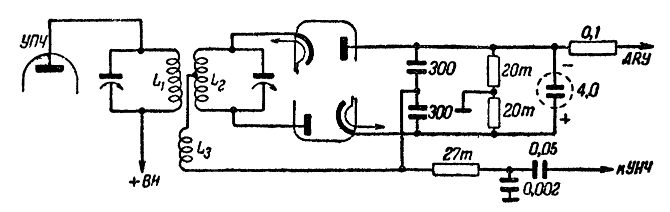
переменное напряжение сигнала на сетке лампы 6К15Б	0,1 *в*
постоянное напряжение на конденсаторе C_3 . .	6 *в*
выходное звуковое напряжение при полной частотной модуляции, характеризуемой отклонениями частоты = ± 75 *кгц*	0,7 *в*

При использовании ламп с меньшей крутизной чувствительность детектора соответственно снижается.

Остановимся теперь на двух вариантах выполнения высокочастотной части схемы частотных детекторов как обычных, так и относительных.

Вместо изображавшегося выше соединения первичного и вторичного контуров посредством конденсатора небольшой

емкости, в последнее время широко используется более совершенная схема, изображенная на фиг. 59. Если в обычной схеме на каждый из диодов подается сумма высокочастотных напряжений, снимаемых с той или иной половины вторичного контура и с первичного контура, то в изображенной схеме на диоды подается сумма напряжений, развиваемых на половинах вторичного контура и на дополнительной обмотке L_3, сильно связанной с первичным контуром. Такое соединение позволяет избавиться от дросселя и конденсатора, соединяющего контуры. Кроме того, изменяя число витков обмотки L_3 и ее связь с первичным контуром, можно подобрать такую величину возникающего на ней напряжения, которая обеспечит наиболее эффективную работу частотного детектора.



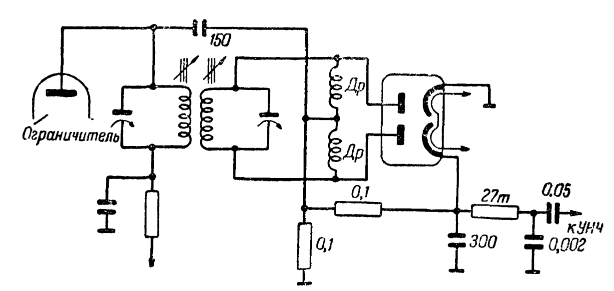
Фиг. 59. Вариант выполнения высокочастотной части схемы частотного детектора.

В любительской практике много затруднений доставляет выполнение отвода от средней точки вторичного контура схемы частотного детектора. Для получения линейной зависимости выходного напряжения детектора от изменений частоты отвод должен быть выполнен таким образом, чтобы напряжения на обеих половинах вторичного контура были строго одинаковы. Для достижения этого приходится использовать симметричную конструкцию катушек, разделяя катушку вторичного контура на две половины и помещая их по бокам катушки первичного контура. Такая конструкция затрудняет подбор наивыгоднейшей связи контуров детектора и не позволяет использовать настройку магнитными сердечниками.

От этих недостатков свободна схема, изображенная на фиг. 60. В ней используются обычные индуктивно-связанные контуры без отводов, а средняя точка создается посредством делителя напряжения, состоящего из двух дросселей. В некоторых случаях удается вместо дросселей использовать сопротивления. На фиг. 60 изображено применение дросселей в схеме обычного частотного детектора, однако их с успехом

можно использовать также в схеме относительного детектора. Другим возможным способом получения симметрии вторичной обмотки является намотка ее половин двумя параллельно идущими проводами. В этом случае вторичную обмотку можно поместить с одной стороны от первичной и осуществлять ее настройку магнитными сердечниками.

В высококачественных приемниках частотной модуляции важное значение имеет точная настройка приемника на частоту принимаемого сигнала. Частотные детекторы могут осуществлять детектирование принимаемых колебаний даже в случае сильных расстроек, однако прием получается при этом искаженным. Искажения, вызываемые неточной настройкой,



Фиг. 60. Получение средней точки вторичного контура посредством дроссельного делителя напряжения.

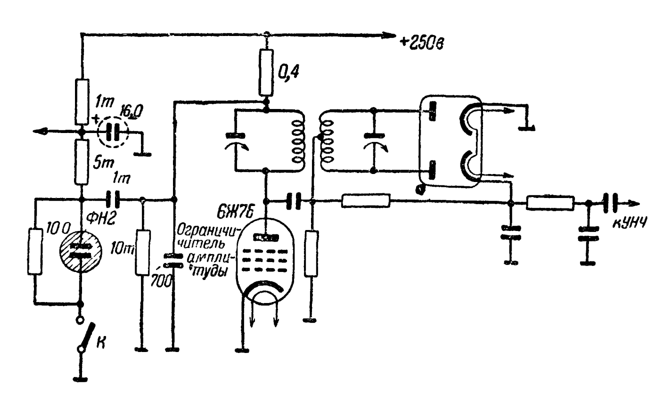
обычно бывают незаметными при передаче тихих звуков, но в моменты передачи громких звуков они проявляются очень сильно. Это обстоятельство затрудняет настройку «на-слух» и делает желательным применение различных индикаторов точной настройки.

В приемниках, использующих относительный детектор и автоматическое регулирование усиления, устройство индикатора настройки не вызывает затруднений. В таких приемниках можно применять обычную лампу индикатор 6Е5, подавая на ее сетку напряжение автоматической регулировки усиления или включая ее так, как это было описано в главе I.

Сложнее обстоит дело в приемниках с обычными частотными детекторами и ограничителями амплитуды. В этих приемниках на лампу 6Е5 можно подавать постоянное напряжение, возникающее на сопротивлении утечки сетки ограничителя амплитуды, которое изменяется при настройке приемника. Другой способ состоит в том, что лампа 6Е5 включается по схеме сеточного детектора параллельно контуру в анодной

цепи усилителя промежуточной частоты. Можно также использовать чувствительный гальванометр с нулем посередине шкалы, измеряющий постоянную составляющую напряжения на выходе частотного детектора. В этом случае точная настройка соответствует тому моменту, когда напряжение на выходе детектора, изменяясь от максимального значения одного знака к максимальному значению другого знака, проходит через нуль.

Оригинальное приспособление для точной настройки использовано в приемнике звукового сопровождения телевизора



Фиг. 61. Схема генератора для точной настройки приемника звукового сопровождения телевизора „Москвич".

«Москвич». Оно представляет собой генератор пилообразных колебаний звуковой частоты, собранный на неоновой лампе по схеме, изображенной на фиг. 61. При настройке приемника генератор включается путем замыкания контактов *К*, и его напряжение подается на анод ограничителя. Это осуществляет амплитудную модуляцию принимаемых колебаний частотой генератора. Так как частотный детектор, применяемый в этом приемнике, воспринимает амплитудную модуляцию, то на выходе приемника прослушивается звуковой тон. При точной настройке приемника на детектор подается частота, равная резонансной частоте его контуров; при этом напряжение на выходе детектора равняется нулю и звуковой тон, создаваемый амплитудной модуляцией, исчезает. Если во время настройки имеет место частотная модуляция принимаемых колебаний, то тон амплитудной модуляции прослушивается на фоне передачи и в момент точной настройки не исчезает со-

всем, а лишь заметно ослабевает. После настройки приемника контакты K размыкаются и генератор выключается.

Наличие в схемах приемников частотной модуляции частотных детекторов позволяет без труда осуществлять в этих приемниках схемы автоматической подстройки частоты гетеродина. Действие этих схем основано на том, что при отклонении средней частоты принимаемых колебаний от резонансной частоты детектора, на выходе последнего, помимо звуковой, появляется постоянная составляющая напряжения, величина и знак которой зависят от величины и знака разности этих частот. Присоединив паралельно контуру гетеродина лампу-реактивность и подавая на нее в качестве напряжения смещения эту постоянную составляющую напряжения детектора, мы получим систему автоматической подстройки частоты. В этой системе отклонение средней промежуточной частоты от резонансной частоты детектора вызывает появление на выходе детектора напряжения, которое воздействует на лампу-реактивность и изменяет настройку гетеродина таким образом, чтобы приблизить среднюю промежуточную частоту к резонансной частоте детектора.

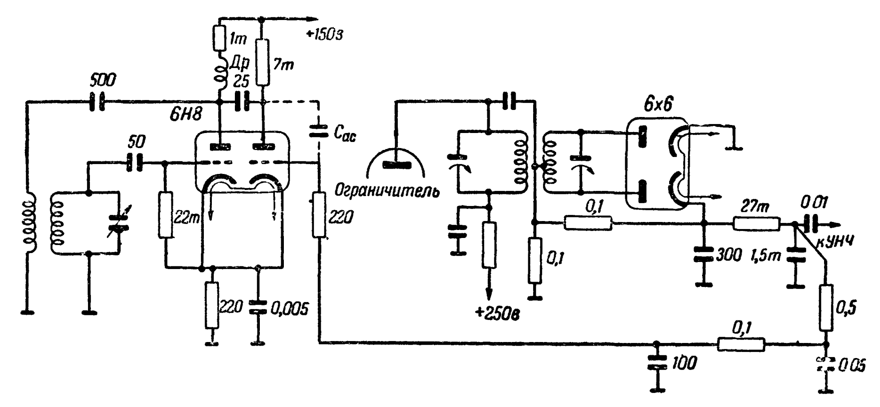
В таких схемах важно подавать на сетку лампы-реактивности в качестве напряжения смещения только постоянную составляющую напряжения детектора, но ни в коем случае не подавать звукового напряжения, так как это вызвало бы нежелательную частотную модуляцию гетеродина приемника. Отделение постоянной составляющей напряжения от звуковых составляющих производится при помощи фильтра, состоящего из больших сопротивлений и конденсаторов большой емкости.

На фиг. 62 изображена типичная схема автоматической подстройки частоты гетеродина. В этой схеме гетеродин собран на левой половине двойного триода 6Н8. Правая половина его используется в качестве лампы-реактивности, причем для подачи напряжения высокой частоты из цепи анода на сетку лампы-реактивности используется емкость между электродами лампы.

В изображенной схеме применен обычный частотный детектор. С таким же успехом можно использовать и детектор относительного типа. Несбалансированный относительный детектор является менее удобным, так как его выходное напряжение содержит постоянную составляющую даже при точной настройке приемника. При изменениях силы принимаемых сигналов это напряжение меняется и в случае применения системы автоматической подстройки вызывает нежелатель-

ные отклонения частоты гетеродина. Если, однако, по условиям работы приемника можно не опасаться колебаний силы принимаемых сигналов, то несбалансированный детектор вполне может использоваться в системе автоматической подстройки. При этом напряжение смещения реактивной лампы следует уменьшить на величину постоянной составляющей выходного напряжения детектора при точной настройке.

Выше уже было отмечено, что частоту транзитронных гетеродинов можно изменять путем изменения напряжения на



Фиг. 62. Схема автоматической подстройки частоты гетеродина.

свободной сетке лампы, работающей в транзитронном режиме. Это позволяет при использовании таких гетеродинов осуществлять автоматическую подстройку частоты путем подачи постоянной составляющей выходного напряжения частотного детектора на свободную сетку транзитронной лампы, обходясь, таким образом, без лампы-реактивности.

При налаживании систем автоматической подстройки частоты необходимо иметь в виду, что для правильного действия системы необходимо правильно выбрать полярность регулирующей частоту постоянной составляющей выходного напряжения частотного детектора.

В случае неправильного выбора этой полярности вместо автоматической подстройки частоты будет иметь место сильная расстройка гетеродина. Изменение полярности регулирующего напряжения проще всего осуществить, переключая концы вторичной обмотки трансформатора промежуточной частоты, используемого в схеме частотного детектора.

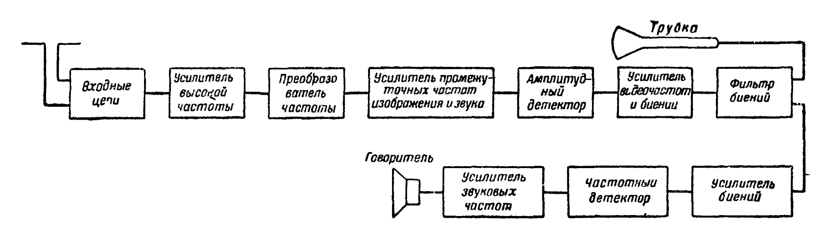
Системы автоматической подстройки частоты наиболее целесообразно использовать в приемниках с фиксированными настройками на небольшое число станций. Понятно, что эти системы могут быть применены и в приемниках амплитудной модуляции. Однако, необходимость при осуществлении автоподстройки вводить в эти приемники частотные детекторы, которых они нормально не имеют, приводит к большому усложнению приемников.

В заключение этой главы рассмотрим новый способ приема звукового сопровождения телевизионных передач. В настоящее время телевизионные приемники строятся, как правило, по следующей схеме. сигналы звука и изображения воспринимаются общей антенной, проходят затем через общие входные цепи и усилитель высокой частоты, после чего подаются на преобразовательный каскад. Благодаря тому, что несущие частоты сигналов изображения и звука отличаются одна от другой на 6,5 *мггц,* на выходе преобразователя при данной настройке гетеродина образуются две промежуточных частоты, которые отличаются одна от другой на 6,5 *мггц,* причем одна из этих промежуточных частот обладает амплитудной модуляцией изображения, а другая — частотной модуляцией звука. После преобразователя эти две промежуточных частоты разделяются особыми фильтрами, каждая из них усиливается отдельным усилителем и затем детектируется. После усиления по низкой частоте детектированные колебания изображения подаются на модулирующий электрод трубки, а звуковые колебания — на громкоговоритель.

Эта система приема телевидения требует наличия большого количества каскадов и ламп. Кроме того, величина промежуточной частоты звука, как и величина промежуточной частоты изображения, зависит от частоты гетеродина приемника. Уход частоты гетеродина от самопрогрева и тому подобных причин вызывает изменения обеих промежуточных частот. Благодаря широкой полосе пропускания усилителя промежуточной частоты изображения относительно небольшой уход частоты гетеродина и соответствующее изменение промежуточной частоты не мешает приему изображения. Что же касается усилителя промежуточной частоты звука, то он имеет относительно узкую полосу пропускания, и тот же уход частоты гетеродина, вызывая такое же изменение промежуточной частоты звука, может нарушить работу звукового тракта в результате ухода промежуточной частоты звука за пределы полосы пропускания ее усилителя. Наконец, частота

гетеродина часто оказывается модулированной в результате воздействия на гетеродин переменного напряжения, механических вибраций и тому подобных причин. Это вызывает соответствующую шумовую частотную модуляцию промежуточной частоты и приводит к появлению шумов на выходе приемника.

Новый способ приема телевизионных сигналов состоит в следующем (фиг. 63). Сигналы звука и изображения, как и обычно, воспринимаются общей антенной, проходят через входные цепи и усилитель высокой частоты, после чего подаются на преобразователь. В анодной цепи преобразователя

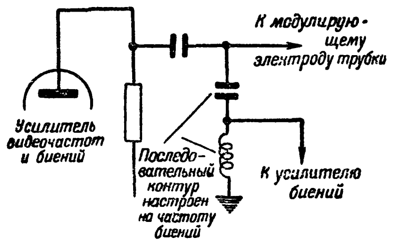


Фиг. 63. Скелетная схема телевизионного приемника нового типа.

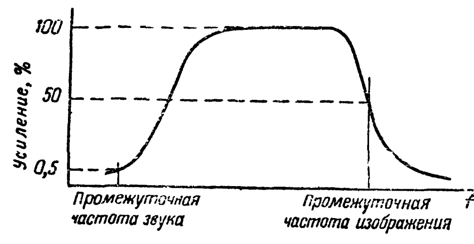
образуются промежуточные частоты звука и изображения Обе эти промежуточные частоты усиливаются общим усилителем с соответственно подобранной полосой пропускания. Затем эти промежуточные частоты детектируются амплитудным детектором. На выходе детектора при этом образуется детектированное напряжение изображения и, кроме того, детектированные биения промежуточных частот изображения и звука, причем эти биения обладают звуковой частотной модуляцией. Частота биений равняется разности промежуточных частот изображения и звука, т. е. равняется разности несущих частот принимаемых сигналов изображения и звука в 6,5 *мггц*, и не зависит от частоты гетеродина.

Затем детектированное напряжение изображения и частотно-модулированные биения со средней частотой 6,5 *мггц* усиливаются широкополосным усилителем видеочастот и разделяются особым фильтром. Напряжение изображения подается на управляющий электрод электроннолучевой трубки, а напряжение биений после дополнительного усиления подается на частотный детектор, выход которого питает обычный усилитель низкой частоты и громкоговоритель.

При таком методе приема можно снизить общее число каскадов и ламп приемника благодаря использованию одного и того же усилителя промежуточной частоты для приема как изображения, так и звука. Кроме того, независимость частоты биений, подаваемых на частотный детектор, от частоты гетеродина исключает вредное влияние нестабильности последнего и его паразитной модуляции по частоте.



Фиг. 64. Схема фильтра, отделяющего частотно-модулированные биения промежуточных частот.



Фиг. 65. Резонансная кривая усилителя промежуточной частоты.

Для отделения напряжения биений от напряжения изображения обычно используют фильтр в виде последовательного контура, настроенного на среднюю частоту биений в 6,5 *мггц*. Этот контур шунтирует вход электроннолучевой трубки по частоте 6,5 *мггц*. В то же время на индуктивности контура напряжение частоты 6,5 *мггц* имеет большую величину и подается с нее на усилитель биений (фиг. 64).

Для хорошего действия этой схемы необходимо, чтобы получаемые на выходе амплитудного детектора биения имели неискаженную частотную модуляцию и чтобы напряжение изображения не производило амплитудной модуляции биений. Кроме того, напряжение биений должно быть небольшим, чтобы оно не проникало через фильтр на электроннолучевую трубку. Для выполнения этих условий необходимо, чтобы промежуточная частота звука усиливалась в 200—500 раз слабее, чем промежуточная частота изображения. Это может быть достигнуто путем использования усилителя промежуточных частот с резонансной кривой, изображенной на фиг. 65.

Усилитель биений обычно выполняется по схеме однокаскадного широкополосного усилителя на сопротивлениях и на лампе 6Ж14Б.

Прием звука в описанной системе исчезает, если отсутствует напряжение несущей частоты сигналов изображения. Кроме того, при этом методе приема может прослушиваться паразитная частотная модуляция сигналов изображения. Однако, при правильной работе телевизионного передатчика эти недостатки не имеют значения.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИЕМНИКИ АМПЛИТУДНОЙ И ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Появление вещательных передатчиков с частотной модуляцией вызвало необходимость создания комбинированных приемников, пригодных для приема передач как с амплитудной, так и с частотной модуляцией. Разработка таких приемников встречает ряд затруднений. Эти затруднения вызываются прежде всего тем, что передачи с амплитудной модуляцией ведутся в диапазонах длинных, средних и коротких волн, тогда как передачи с частотной модуляцией производятся в диапазоне ультракоротких волн.

Далее полоса пропускания высокочастотной части приемника амплитудной модуляции должна иметь ширину 8—10 *кгц,* тогда как для приема радиовещания с частотной модуляцией необходима полоса в 160 ÷ 200 *кгц.* Кроме того, для приема этих различных видов модуляции необходимы совершенно различные детекторы. Наконец, и усилитель низкой частоты при приеме амплитудной модуляции должен иметь полосу пропускания не шире 4—5 *кгц,* тогда как при приеме частотной модуляции эту полосу желательно расширить до 12 ÷ 15 *кгц.*

Все эти обстоятельства затрудняют создание комбинированных приемников амплитудной и частотной модуляции. Однако, в последние годы был разработан ряд удачных конструкций таких приемников.

Простейшие комбинированные приемники представляют собой объединение на одном шасси схемы обычного приемника амплитудной модуляции с одноламповой сверхрегенеративной схемой для приема частотной модуляции (фиг. 8), в которой работает отдельная лампа. Таким образом по существу объединяются два различных приемника, использующих общие источники питания, усилитель низкой частоты и громкоговори-

тель. Включение в работу того или иного приемника осуществляется переключателем диапазонов. Этот способ является наиболее простым, однако он не позволяет в полной мере использовать высокое качество передач с частотной модуляцией.

Другое возможное решение состоит в следующем: строится всеволновый супергетеродин, который в диапазонах длинных, средних и коротких волн принимает амплитудную модуляцию, а при включении диапазона ультракоротких волн превращается в приемник частотной модуляции. Входные цепи и первые каскады такого приемника не имеют никаких особенностей, если не считать того, что в диапазоне ультракоротких волн полоса пропускания преселектора должна быть не уже 200 *кгц*, что, впрочем, обычно имеет место, даже если не принимать каких-либо особых мер для получения широкой полосы.

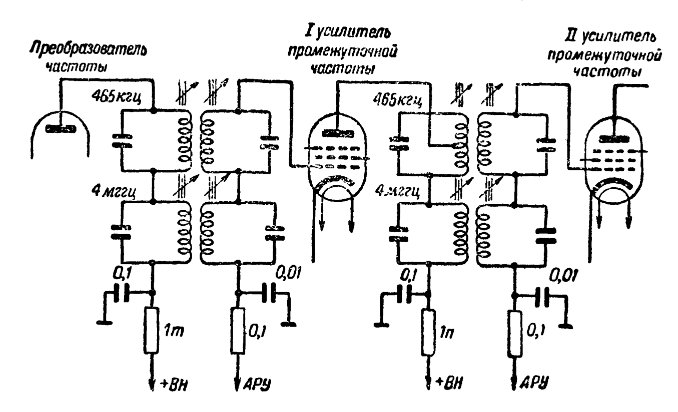
Гетеродин приемника выполняется таким образом, чтобы при работе в диапазонах длинных, средних и коротких волн получалась обычная промежуточная частота в 465 *кгц*. В диапазоне ультракоротких волн гетеродин настраивается так, чтобы промежуточная частота получалась более высокой — порядка 2—5 *мггц*. В анодную цепь преобразователя частоты, а также в последующие каскады усиления промежуточной частоты включаются последовательно фильтры промежуточной частоты в 465 *кгц* и промежуточной частоты 2—5 *мггц* (фиг. 66). Для получения необходимого усиления в каскадах промежуточной частоты обычно применяют лампы с повышенной крутизной; при этом во избежание самовозбуждения фильтр низшей промежуточной частоты включается в анодную цепь лампы автотрансформаторно.

Последний фильтр промежуточной частоты 465 *кгц* включается в схему обычного диодного детектора амплитудной модуляции, а последний фильтр высокой промежуточной частоты работает в схеме относительного детектора частотной модуляции.

При таком включении одни и те же лампы используются как для усиления промежуточной частоты 465 *кгц* с узкой полосой пропускания при приеме амплитудной модуляции, так и для усиления высокой промежуточной частоты с широкой полосой пропускания при приеме частотной модуляции. При усилении той или иной промежуточной частоты резонируют контуры соответствующих фильтров, тогда как включенные последовательно с ними контуры фильтров другой промежу-

точной частоты оказываются сильно расстроенными и на работу схемы влияния не оказывают.

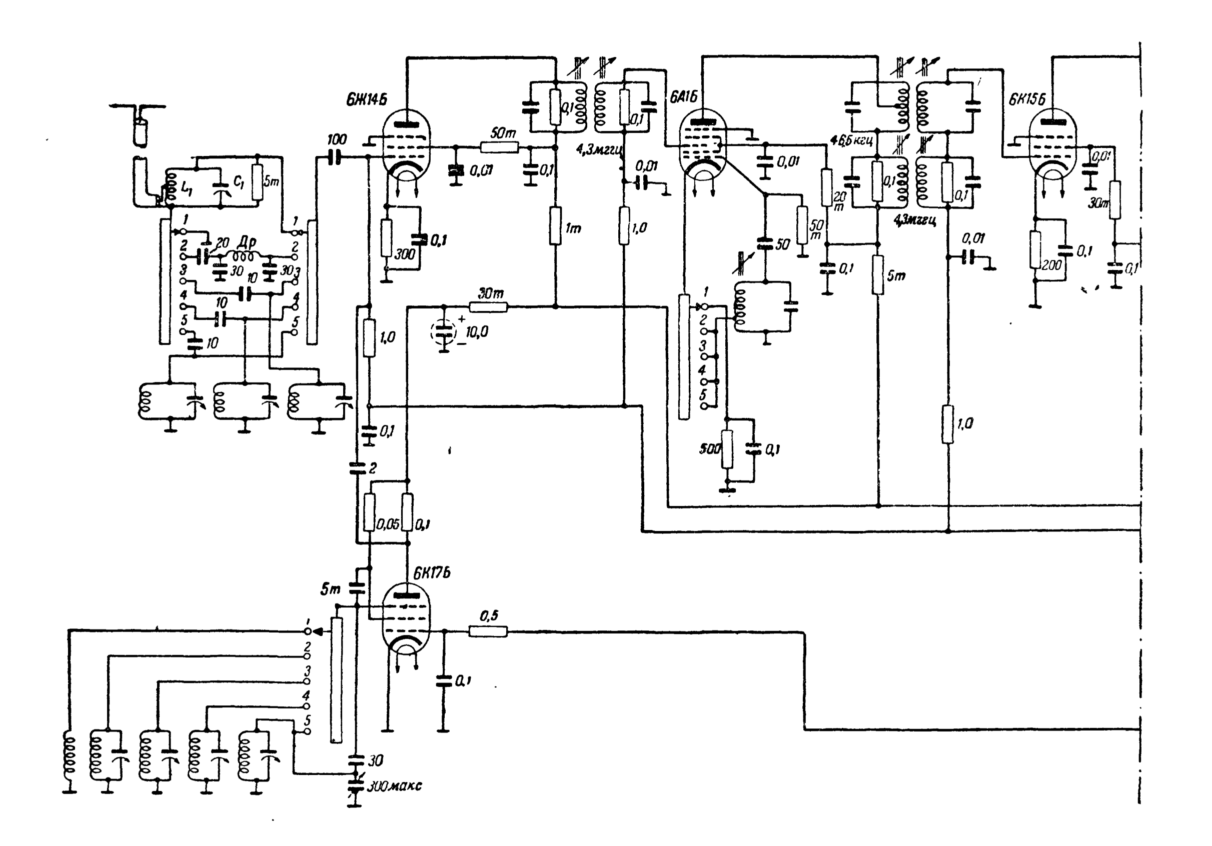
В таком приемнике для перехода от одного вида модуляции к другому, помимо обычных диапазонных переключений, необходимо вход усилителя низкой частоты и провод, подающий напряжение автоматической регулировки усиления на сетки регулируемых ламп, присоединять либо к детектору амплитудной модуляции, либо же к детектору частотной модуляции.

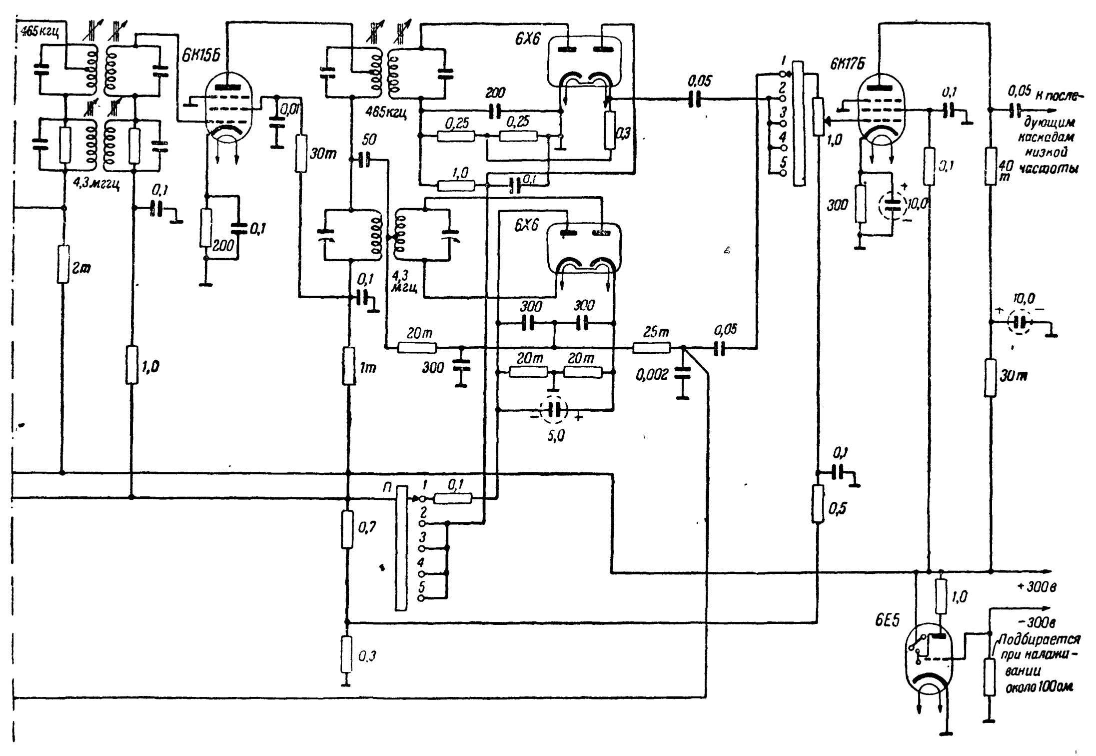


Фиг. 66. Схема включения контуров низкой и высокой промежуточной частоты в комбинированном приемнике амплитудной и частотной модуляции.

В случае применения широкополосного усилителя низкой частоты при приеме амплитудной модуляции в него необходимо включать фильтр, срезающий высшие звуковые частоты.

Рассмотренный приемник можно заметно упростить, используя при приеме амплитудной модуляции схему двойного преобразования частоты без настраиваемого преселектора, описанную выше. На фиг. 67 изображена схема приемника такого типа, разработанного автором. В этой схеме контур L_1C_1, зашунтированный для расширения полосы пропускания сопротивлением, является входным контуром диапазона ультракоротких волн. Он настраивается на среднюю частоту принимаемого диапазона. Первая лампа типа 6Ж14Б используется в качестве преобразователя частоты. Фильтр в ее анодной цепи настроен на промежуточную частоту 4,3 *мггц*, и имеет широкую полосу пропускания благодаря шунтированию его контуров сопротивлениями. Следующая лампа 6А1Б


6Ж14Б
6А1Б
6К15Б
6К17Б
100
50т
0,01
0,1
1т
4,3мггц
1,0
300
30т
10,0
4,65кгц
20т
50т
50
5т
500
200
Др
L1
C1
2
0,05
0,5
30
300макс



Фиг. 67. Схема комбинированного приемника амплитудной и частотной модуляции с двойным преобразованием частоты.

Положения переключателя: *1*—прием частотной модуляции в диапазоне ультракоротких волн; 2—прием амплитудной модуляции в диапазоне длинных и средних волн; *3, 4, 5* — прием амплитудной модуляции в растянутых коротковолновых диапазонах.

(6SA7) при приеме частотной модуляции работает усилителем промежуточной частоты 4,3 *мггц*. Далее эта промежуточная частота усиливается еще двумя каскадами и подается на относительный детектор частотной модуляции. С выхода этого детектора напряжение низкой частоты подается через цепь частотной коррекции и через переключатель на усилитель низкой частоты. Постоянная составляющая выходного напряжения детектора через фильтр *RC* подается на первую сетку лампы 6К17Б. Эта лампа работает в схеме транзитронного гетеродина и, изменяя напряжение на ее первой сетке, можно изменять частоту генерируемых гетеродином колебаний. Подача на эту сетку постоянной составляющей выходного напряжения частотного детектора позволяет осуществить автоматическую подстройку частоты.

Рассмотрим теперь работу схемы при приеме амплитудной модуляции в других диапазонах. В этих диапазонах антенной служит тот же диполь, который применяется для приема ультракоротких волн. При приеме в растянутых диапазонах коротких волн на вход приемника включаются контуры, имеющие постоянную настройку на среднюю частоту диапазона. В объединенном диапазоне длинных и средних волн вход приемника образуется фильтром, состоящим из дросселя и двух конденсаторов постоянной емкости. Этот фильтр пропускает все частоты принимаемого диапазона и задерживает все зеркальные частоты.

Первая лампа в этих диапазонах попрежнему работает в качестве преобразователя частоты, давая ту же первую промежуточную частоту в 4,3 *мггц*. Вторая лампа в этих диапазонах используется в качестве второго преобразователя частоты. Для этого включается ее внутренний гетеродин, имеющий фиксированную настройку на частоту 3 835 *кгц*, что сбеспечивает получение второй промежуточной частоты в 465 *кгц*. Эта вторая промежуточная частота усиливается последующими каскадами и подается на амплитудный детектор. Вход усилителя низкой частоты переключается на выход детектора амплитудной модуляции.

Помимо второй промежуточной частоты 465 *кгц* анодный ток второй лампы содержит также составляющую первой промежуточной частоты 4,3 *мггц*. Эта первая промежуточная частота тоже усиливается последующими каскадами и подается на относительный детектор, благодаря чему автоматическая подстройка частоты работает и при приеме амплитудной модуляции.

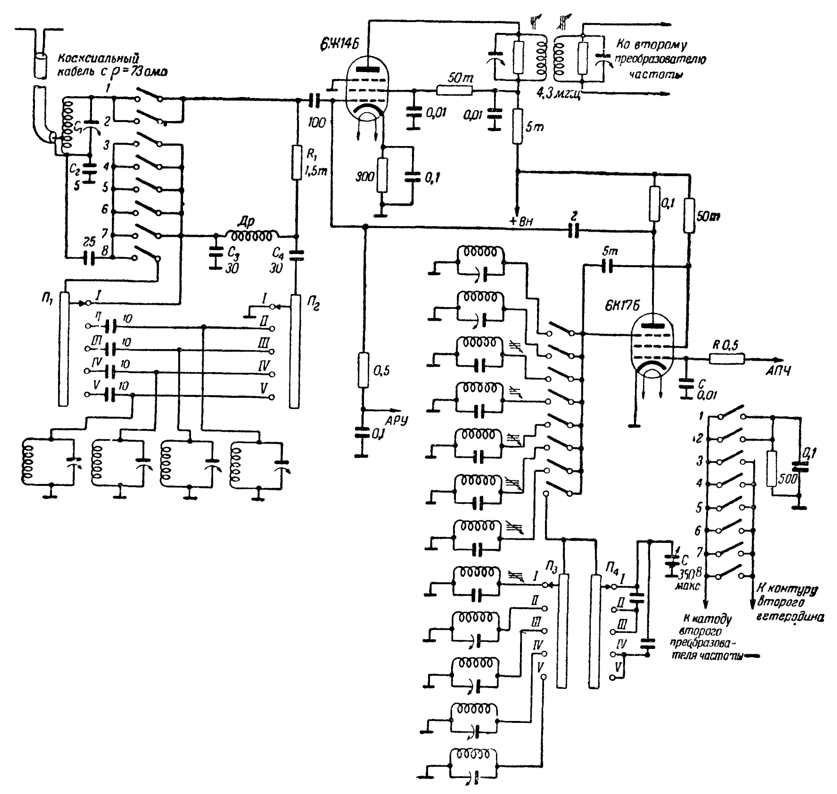
Переключатель *П* позволяет снимать напряжение автоматической регулировки усиления как с детектора частотной модуляции, так и с детектора амплитудной модуляции, в зависимости от того, который из детекторов используется. Поскольку на детекторе частотной модуляции напряжение имеется как при приеме частотной модуляции, так и при приеме амплитудной модуляции, такое переключение не является обязательным, так как напряжение автоматической регулировки можно всегда снимать с частотного детектора. Однако, введение переключателя *П* в некоторых случаях может улучшить работу автоматической регулировки усиления в диапазонах коротких волн. Напряжение автоматической регулировки подается также на первую лампу усилителя низкой частоты.

Индикатор настройки 6Е5 включен по схеме с усилением, описанной в главе I.

При такой схеме единственным органом настройки приемника является переменный конденсатор контура первого гетеродина. В растянутых диапазонах он включается последовательно с постоянным конденсатором *С* для уменьшения изменений емкости контура. Вместо переменного конденсатора можно использовать для настройки перемещающийся магнитный сердечник.

Малое количество настраиваемых элементов и наличие автоматической подстройки частоты позволяют без труда ввести в такой приемник фиксированные настройки для приема станций, работающих на длинных и средних волнах с амплитудной модуляцией и на ультракоротких волнах с частотной модуляцией. Переключение этих фиксированных настроек производится кнопками, которые включают ту или иную входную цепь и соответственно настроенный контур первого гетеродина, а также включают или выключают второй гетеродин и переключают вход усилителя низкой частоты. Нажатие одной из кнопок позволяет вести прием в плавных диапазонах длинных, средних и коротких волн, которые переключаются обычным поворотным переключателем. Схема входа такого приемника изображена на фиг. 68. В этой схеме конденсатор C_2 заземляет нижний конец входного контура при работе в диапазоне ультракоротких волн. При работе в других диапазонах этот конденсатор лишь несколько увеличивает емкость антенны, не нарушая работу приемника. Сопротивление R_1 служит для расширения полосы пропускания входного контура ультракоротких волн, причем нижний конец этого сопротивления заземляется по ультравысокой частоте через

конденсатор C_4 и в зависимости от положения переключателя $П_2$ через тот или иной входной контур коротких волн. В диапазоне длинных и средних волн конденсатор C_4 входит в схему входного фильтра, причем его нижний конец также



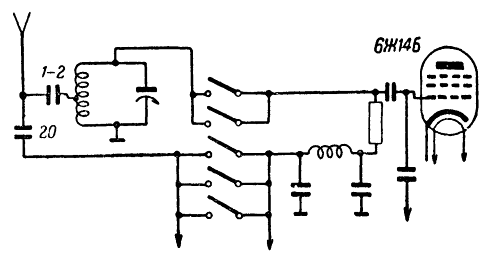
Фиг. 68. Входная часть схемы, изображенной на фиг. 68 при использовании фиксированных настроек.

Кнопки: *1—2*—фиксированные настройки на станции с частотной модуляцией; *3—7*—фиксированные настройки на станции с амплитудной модуляцией; *8*—включение диапазонов с плавной настройкой. Положения переключателя: *I*—диапазон длинных и средних волн; *II—V*—растянутые диапазоны коротких волн.

заземляется либо непосредственно, либо же через тот или иной входной контур коротких волн. Сопротивление R_1 при этом оказывается включенным в цепь сетки первой лампы последовательно и благодаря своей небольшой величине на работу схемы не влияет.

В диапазонах коротких волн C_4 и R_1 оказываются также включенными последовательно в цепь сетки первой лампы. Для того, чтобы конденсатор C_3 не мешал работе схемы, дроссель *Др* должен представлять большое сопротивление частотам коротковолновых диапазонов. Для достижения этого удобно включать последовательно два дросселя, один из которых имеет те же данные, что и дроссель входа приемника РЛ-4, а другой — является обычным коротковолновым дросселем.

Такая схема позволяет упростить коммутацию и делает прием станции с фиксированными настройками независящим от положения поворотного переключателя плавных диапазонов.



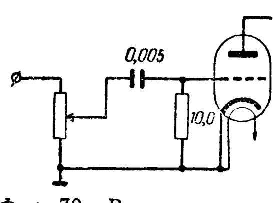
Фиг. 69. Схема включения комнатной антенны.

В тех случаях, когда прием ведется на больших расстояниях от передатчиков частотной модуляции, в каскадах усиления промежуточной частоты необходимо использовать лампы с повышенной крутизной, включая фильтры частоты 465 *кгц* автотрансформаторно. Кроме того, в этих случаях необходимо использовать антенны-диполи, работу которых можно заметно улучшить путем применения рефлектора и директоров. Если же прием ведется на небольшом расстоянии от передатчиков частотной модуляции, то в каскадах усиления промежуточной частоты можно использовать лампы 6К17Б (или 6К7Б), и в качестве антенны можно применить обычную комнатную антенну. Схема включения комнатной антенны изображена на фиг. 69. Положение отвода на входной катушке ультракоротковолнового диапазона во всех изображенных схемах необходимо подбирать опытным путем.

ГЛАВА ПЯТАЯ

НОВОЕ В КОНСТРУКЦИЯХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ И В СХЕМАХ ПИТАНИЯ ПРИЕМНИКОВ

Современные радиовещательные станции, особенно работающие с частотной модуляцией, ведут передачи очень высокого качества. В этих условиях естественность звучания приемника определяется почти исключительно конструкцией последнего. Поскольку в настоящее время радиослушатели считают естественное художественное звучание наиболее важным достоинством вещательного приемника, конструкторы уделяют много внимания разработке усилителей низкой частоты, громкоговорителей и акустике ящиков приемников. При этом следует отметить, что очень хорошие результаты могут быть получены даже от простейших схем усилителей, если в них использовать высококачественные и дорогие детали. Сложные схемы позволяют получать такие же результаты с более простыми и дешевыми деталями. Вообще надо сказать, что многочисленные схемы усилителей низкой частоты, отличающиеся одна от другой различными регулировками и коррекциями, могут работать почти одинаково. Поэтому, конструируя низкочастотную часть приемника, не следует искать какие-либо «чудодейственные» схемы, а надо обращать серьезное внимание на подбор высококачественных деталей и на тщательный выбор наивыгоднейшего режима ламп.



Фиг. 70. Вариант схемы входа усилителя.

Имея это в виду, рассмотрим некоторые новые схемы, применяющиеся в усилителях низкой частоты.

Конструкторам усилителей обычно доставляет много затруднений борьба с фоном питающего переменного тока. Установка хорошего фильтра после выпрямителя, шунтирование кенотрона конденсаторами порядка 0,01 *мкф* и применение развязывающих цепей для питания ламп не всегда позволяет полностью избавиться от фона. В этих случаях необходимо обратить серьезное внимание на цепи накала ламп, особенно ламп первых каскадов усилителя. Для устранения вредного влияния этих цепей необходимо применять тщательно продуманный монтаж, ни в коем случае не используя шасси усилителя в качестве одного из проводов накала. Если это не помогает, то причину фона следует искать в разности потен-

циалов между нитью накала первой лампы и ее катодом. Для устранения этой разности потенциалов вход усилителя иногда выполняют по схеме, изображенной на фиг. 70. В этой схеме катод лампы заземляется вместе с одним концом нити накала. Сопротивление утечки сетки берется очень большой величины — порядка 10 *мгом*. Напряжение сеточного смещения создается на этом сопротивлении за счет сеточных токов. Испытания такой схемы показали, что она не вносит сколько-нибудь существенных искажений, если только входное напряжение имеет достаточно малую величину.

Вообще, для снижения фона переменного тока всегда желательно заземлять катоды ламп, получая напряжение сеточного смещения не на сопротивлении, включенном в цепь катода, а от какого-либо иного места схемы.

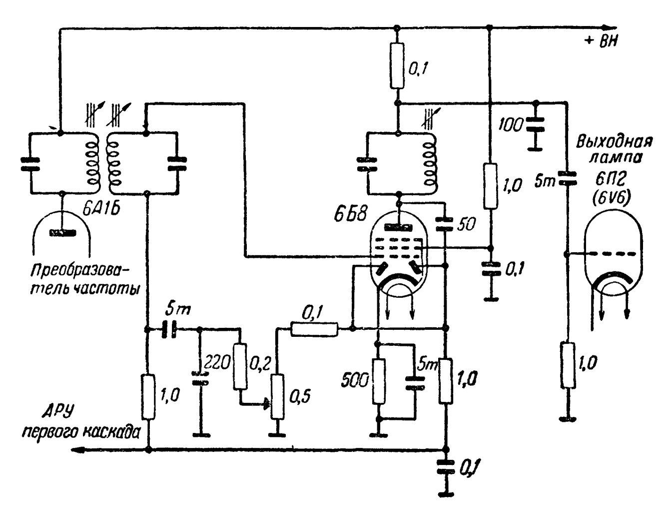
Другим радикальным средством борьбы с фоном является питание нитей накала, если не всех, то хотя бы ламп первых каскадов усилителя, постоянным током, получаемым от небольшого селенового выпрямителя.

В малогабаритных дешевых приемниках для экономии ламп в последние годы вновь стали широко применять так называемые рефлексные схемы, позволяющие использовать одну и ту же лампу для усиления как промежуточной, так и низкой частоты. На фиг. 71 изображена такая схема, примененная в приемнике Москвич-В (аналогичная схема использована в приемнике АРЗ-49). В этой схеме используется комбинированная лампа — двойной диод — пентод 6Б8. На сетку этой лампы подается напряжение с контура промежуточной частоты Анодная цепь лампы содержит контур промежуточной частоты, на котором развивается усиленное напряжение. Это напряжение подается на диодную часть лампы и детектируется обычным способом. Звуковое напряжение с выхода детектора подается через развязывающие фильтры промежуточной частоты и через контур снова на управляющую сетку той же лампы. Помимо контура промежуточной частоты, анодная цепь ее содержит сопротивление, которое служит нагрузкой для звуковой частоты. Снимаемое с него усиленное звуковое напряжение подается на вход мощного выходного каскада.

В такой схеме важно обеспечить достаточно хорошую фильтрацию промежуточной частоты между выходом детектора и управляющей сеткой усилительной части лампы. Если этого не сделать, то напряжение промежуточной частоты будет подаваться через детектор из цепи анода в цепь сетки лампы, что нарушит нормальную работу схемы. Кроме того, нагрузку

звуковой частоты необходимо шунтировать небольшой емкостью, чтобы на ней не возникало напряжение промежуточной частоты, подавать которое на выходной каскад нежелательно.

Схемы такого типа позволяют заметно упростить конструкцию приемника и, в частности, дают возможность построить супергетеродин третьего класса всего лишь на трех лампах. Недостатком этой схемы является то, что она вносит несколько

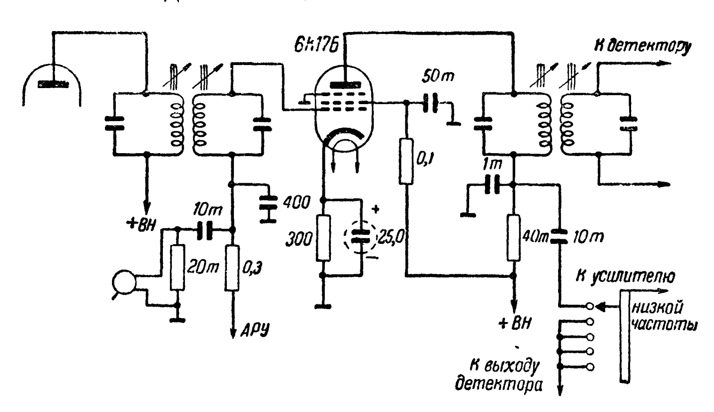


Фиг. 71. Схема рефлексного каскада приемника Москвич-В.

больше искажений, чем схемы с раздельными лампами, и, кроме того, в ней регулятор громкости не позволяет получать очень слабые громкости приема. Действительно, если даже в изображенной схеме движок потенциометра регулятора громкости опустить до предела вниз, то на звуковой нагрузке в анодной цепи лампы все же будет иметь место звуковое напряжение, обусловленное анодным детектированием принимаемых сигналов. Если же регулятор громкости переставить на вход мощного каскада, то при приеме сильных сигналов на сетку 6Б8 с выхода диодного детектора будет подаваться слишком большое напряжение, что вызовет появление сильных нелинейных искажений.

Рассмотрим еще одну комбинированную схему усилителя промежуточной и звуковой частоты. Она не является рефлексной, так как в зависимости от переключений она используется либо как усилитель промежуточной частоты, либо же как уси-

литель низкой частоты. Такие схемы находят применение по следующим причинам. Для обеспечения достаточно хорошей избирательности и чувствительности приемника в нем приходится применять достаточно большое число каскадов высокой и промежуточной частоты. При этом на выходе детектора обычно развивается звуковое напряжение порядка нескольких вольт, для усиления которого достаточно использовать небольшое число каскадов низкой частоты.



Фиг. 72. Схема комбинированного каскада, используемого в качестве усилителя промежуточной или низкой частоты.

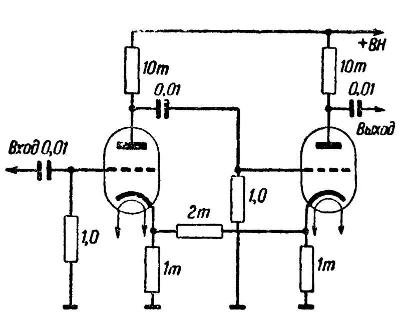
Вместе с тем, при работе от граммофонного проигрывателя, дающего небольшое напряжение, число каскадов усиления низкой частоты может оказаться недостаточным. В этом случае желательно использовать одну из ламп, работающих в каскадах высокой или промежуточной частоты, для создания дополнительного усиления по низкой частоте.

Такая схема, примененная в приемнике РЛ-5, изображена на фиг. 72. В ней одна из секций переключателя диапазонов *П* присоединяет вход усилителя низкой частоты либо к выходу детектора, либо к звуковому выходу комбинированного каскада, если он используется для усиления напряжения проигрывателя. В схеме самого каскада никаких переключений для перехода от усиления промежуточной частоты к усилению низкой частоты производить не надо. Проигрыватель присоединяется параллельно сопротивлению развязки сеточной цепи через конденсатор, чтобы он не замыкал напряжения автоматической регулировки усиления. Анодная цепь каскада содержит помимо контура промежуточной частоты нагрузку звуко-

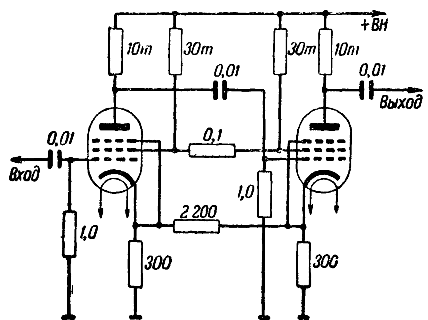
вой частоты — сопротивление, зашунтированное по промежуточной частоте конденсатором.

В малогабаритных и дешевых усилителях бывает желательно избавиться от громоздких и относительно дорогих конденсаторов большой емкости. Рассмотрим схемы, позволяющие заменить их дешевыми и малогабаритными сопротивлениями.

Необходимой деталью обычных усилителей является конденсатор большой емкости, шунтирующий катодное сопротивление автоматического смещения. При удалении этого конденсатора возникает отрицательная обратная связь — переменная



Фиг. 73. Усилитель без конденсаторов в катодных цепях с положительной обратной связью.



Фиг. 74. Усилитель без конденсаторов в цепях катодов и экранных сеток.

составляющая анодного тока, протекая по катодному сопротивлению, создает на нем падение напряжения, которое уменьшает напряжение, действующее между сеткой и катодом, и тем самым резко снижает усиление каскада.

Эту нежелательную отрицательную обратную связь в двухкаскадном (или многокаскадном) усилителе можно скомпенсировать искусственно создаваемой положительной обратной связью. Такая схема изображена на фиг. 73. Положительная обратная связь в ней создается при помощи сопротивления, соединяющего катоды ламп. Величина этого сопротивления подбирается опытным путем. Поскольку цепь обратной связи имеет малое сопротивление, шунтирующее действие распределенных емкостей не влияет на ее работу вплоть до частот порядка 100 ÷ 200 *кгц,* благодаря чему такой усилитель обладает широкой полосой пропускания.

Влияние изменений питающих напряжений на работу усилителя получается примерно таким же, как и в обычных усилительных схемах.

Подобно этому, используя положительную обратную связь, можно исключить из схемы усилителя на пентодах конденсаторы, блокирующие экранные сетки на землю. При устранении этих конденсаторов на экранных сетках возникают переменные напряжения, которые снижают усиление. Применение положительной обратной связи устраняет и это явление.

На фиг. 74 изображена схема усилителя на пентодах, не имеющего конденсаторов ни в цепях катодов, ни в цепях экранных сеток. Сопротивление, соединяющее катоды, создает положительную обратную связь, которая заменяет действие конденсаторов, шунтирующих катодные сопротивления. Сопротивление, соединяющее экранные сетки, создает положительную обратную связь, которая заменяет действие конденсаторов, блокирующих экранные сетки. Это сопротивление имеет довольно большую величину, в результате чего на высших частотах заметно сказывается шунтирование его междуэлектродными емкостями, что снижает усиление.

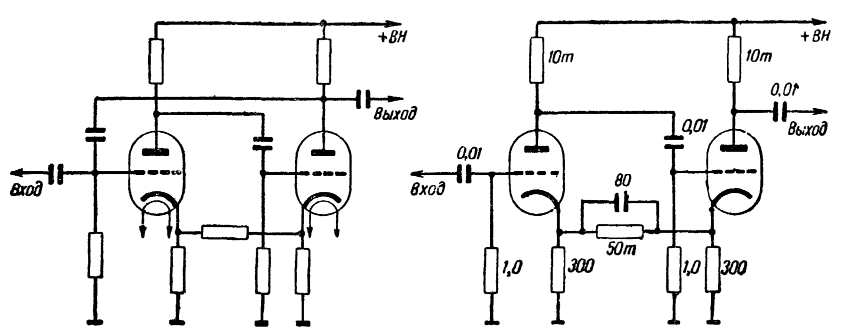
Положительные обратные связи можно также использовать для исключения корректирующих дросселей из схем широкополосных усилителей. В обычных усилительных каскадах усиление падает на высоких частотах в результате шунтирующего действия междуэлектродных емкостей. Для компенсации этого уменьшения усиления обычно используют специальные дроссели, которые включаются в схему усилителя в качестве нагрузок и увеличивают усиление на высоких частотах благодаря возрастанию их индуктивного сопротивления.

Того же эффекта можно добиться, используя положительные обратные связи, которые усиливаются с ростом частоты. Проще всего можно осуществить такую обратную связь при помощи конденсаторов. Два варианта подобных схем изображены на фиг. 75.

Выходные каскады высококачественных усилителей в настоящее время часто строятся по двухтактным схемам. Это объясняется известными достоинствами таких схем, к которым относятся малая величина искажений, компенсация действия пульсаций питающего напряжения, возможность использования ламп в наиболее экономичных режимах, а также возможность уменьшения размеров и стоимости выходного трансформатора.

При использовании двухтактной схемы на сетки ее ламп необходимо подавать равные и противофазные напряжения раскачки. Это создает некоторые затруднения, так как предшествующие однотактные каскады дают лишь однофазное напряжение.

Простейшим и вместе с тем наиболее употребительным способом перехода от однотактных к двухтактным каскадам является использование междулампового трансформатора с отводом от средней точки вторичной обмотки. Однако, для получения удовлетворительной частотной характеристики этот трансформатор приходится делать очень большим, тяжелым и дорогим. Простые же и дешевые трансформаторы обладают плохой частотной характеристикой. Это заставляет заменять трансформаторы специальными схемами усилителей на сопротивлениях, которые дают на выходе равные и противофазные напряжения. Такие схемы носят название фазоопрокидывающих или фазоинвертерных.



Фиг. 75. Усилители с расширенной полосой пропускания.

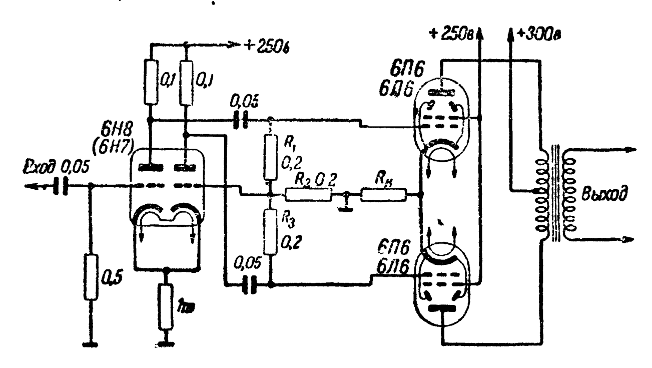
Большинство этих схем обладает тем существенным недостатком, что для получения на выходе противофазных и точно равных напряжений, необходимо тщательно подбирать величины входящих в схему сопротивлений. После того, как такая регулировка произведена, балансировка схемы может измениться вследствие изменений величин сопротивлений или параметров ламп в процессе эксплоатации.

От этого недостатка свободна так называемая самобалансирующаяся фазоопрокидывающая схема, изображенная на фиг. 76. В ней используется двойной триод, левая половина которого работает в качестве обычного усилителя напряжения. Его выходное напряжение подается на сетку одной из ламп двухтактного выходного каскада.

Цепь утечки сетки этой лампы состоит из сопротивлений R_1 и R_2. С сопротивления R_2 звуковое напряжение подается на сетку правой половины двойного триода. Этот триод усиливает напряжение, изменяя его фазу на 180°, после чего уси-

ленное напряжение подается на сетку второй лампы двухтактного каскада. Цепь утечки сетки этой лампы состоит из сопротивления R_3 и из того же сопротивления R_2, с которого снимается напряжение на сетку правого триода.

При таком соединении сопротивление R_2 входит как в сеточную, так и в анодную цепи правого триода. Это создает сильную отрицательную обратную связь, под действием которой напряжения раскачки на обеих лампах двухтактного каскада автоматически устанавливаются равными с очень большой точностью. Балансировка такой схемы не нарушается при значительных изменениях величин сопротивлений, параметров ламп и питающих напряжений.



Фиг. 76. Самобалансирующаяся фазоопрокидывающая схема.

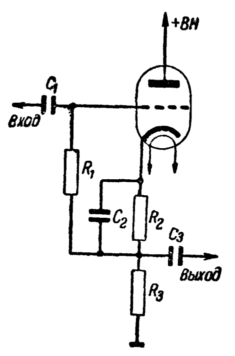
Заметим, что сопротивление смещения в катодной цепи двойного триода, так же как и сопротивление в цепи катодов ламп двухтактного каскада, можно не шунтировать емкостями. Это объясняется тем, что по указанным сопротивлениям протекают равные и противофазные переменные составляющие токов двух ламп, которые компенсируют друг друга и не создают на сопротивлениях переменных падений напряжения.

Особенностью рассмотренной фазоопрокидывающей схемы является то, что она имеет довольно большое выходное сопротивление. Это не имеет значения, если лампы выходного каскада работают без сеточных токов, т. е. если они работают в режимах *А* или $АБ_1$. Однако, если эти лампы работают в режимах $АБ_2$ или *Б*, отдавая максимальную возможную мощность, то в цепи их сеток в отдельные моменты времени появляется сеточный ток. Если цепь сеток ламп мощного каскада обладает большим сопротивлением, то этот сеточный ток раз-

вивает на нем значительное падение напряжения, которое создает искажения.

Это обстоятельство заставляет использовать для раскачки таких ламп междуламповые трансформаторы с отводом от середины вторичной обмотки и с небольшим сопротивлением. Рассмотренная выше фазоопрокидывающая схема имеет большое выходное сопротивление и для раскачки ламп, работающих с токами сетки, применяться не может.

Стремление избавиться от дорогого и громоздкого междулампового трансформатора привело к разработке особой реостатной фазопрокидывающей схемы, имеющей низкое выходное сопротивление и способной осуществлять раскачку ламп, работающих с токами сетки.

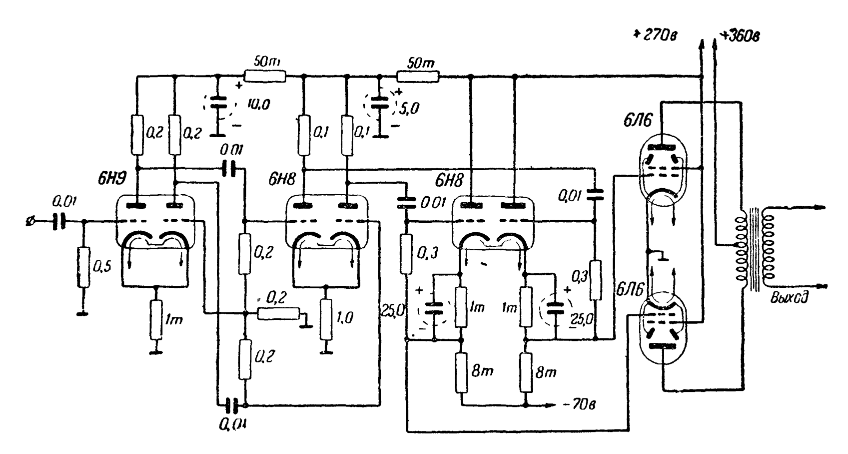


Фиг. 77. Схема катодного повторителя.

В этой схеме используется усилитель, у которого нагрузка включается в цепь катода. Такие усилители носят название катодных повторителей, обладают интересными свойствами и находят широкое применение в различных радиотехнических устройствах. Основная схема катодного повторителя изображена на фиг. 77. В этой схеме сопротивление R_2, зашунтированное конденсатором C_2, служит для создания напряжения сеточного смещения, которое подается на сетку лампы через сопротивление R_1. Сопротивление R_3 является нагрузкой усилителя. Включение его в цепь катода приводит к тому, что выходное напряжение усилителя совпадает по фазе с входным напряжением. Кроме того, включение нагрузки в цепь катода создает очень сильную отрицательную обратную связь. Эта обратная связь резко уменьшает входную емкость каскада и увеличивает его входное сопротивление. Что же касается выходного сопротивления, то оно в этой схеме оказывается очень низким. Коэффициент усиления катодного повторителя с нагрузкой в виде сопротивления всегда бывает меньше единицы, т. е. его выходное напряжение имеет меньшую величину, чем входное. Искажения катодного повторителя, благодаря сильной отрицательной обратной связи, очень малы.

Низкое выходное сопротивление повторителя позволяет использовать его в качестве предоконечного каскада для раскачки мощного двухтактного каскада, работающего с токами сетки. Схема такого усилителя изображена на фиг. 78.

В этом усилителе первая лампа используется в самобалансирующемся фазоопрокидывающем каскаде, который подает на следующую лампу два равных противофазных напряжения. Вторая лампа работает в схеме обычного двухтактного усилителя напряжения. Триоды следующей лампы включены по схеме катодных повторителей, выходное напряжение которых подается на сетки ламп 6Л6, используемых в мощном каскаде. Эти лампы поставлены в режим класса Б путем подачи на их



Фиг. 78. Схема усилителя с мощным каскадом, работающим в режиме класса Б, без междуламповых трансформаторов.

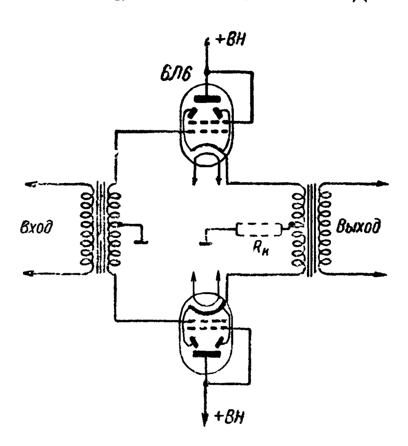
сетки напряжения смещения в — 70 *в*. В таком режиме выходной каскад отдает до 50 *вт* неискаженной мощности.

Рассмотрим здесь же еще одно применение схемы катодного повторителя в усилителях низкой частоты. На фиг. 79 изображена схема мощного выходного каскада, у которого нагрузка включена в цепь катодов ламп. Такая схема обладает рядом ценных качеств. Прежде всего, наличие очень сильной обратной связи практически совершенно устраняет искажения. Это позволяет использовать в качестве выходных дешевые трансформаторы, частотные характеристики которых совершенно не позволяют использовать их в обычных схемах выходных каскадов. В любительской практике в качестве их часто применяют обычные силовые трансформаторы, у которых обмотка высокого напряжения используется в качестве первичной, а обмотка накала ламп — в качестве вторичной. Коэффи-

циент трансформации может изменяться в широких пределах, не оказывая заметного влияния на работу схемы.

Другим достоинством схемы с катодным выходом является то, что ее выходное сопротивление имеет очень небольшую величину. Мы увидим дальше, что это создает благоприятные условия для работы громкоговорителя.

Наконец, необходимо отметить простоту изображенной схемы. Она часто не имеет даже такой детали, как сопротивление автоматического смещения, так как необходимое напряжение смещения обычно развивается на активном сопротивлении первичной обмотки.



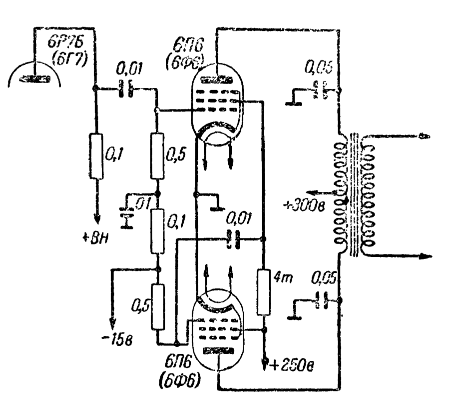
Фиг. 79. Схема мощного выходного каскада, использующего принцип катодного повторителя.

Недостатком этой схемы является то, что она требует для своей работы очень высокого напряжения раскачки. Действительно, напряжение, действующее между сеткой и катодом каждой лампы, представляет собой разность напряжения раскачки, действующего между сеткой и землей, минус напряжение, действующее на половине первичной обмотки выходного трансформатора. Последнее напряжение имеет порядок сотни вольт и для того, чтобы между сеткой и катодом лампы действовало обычное напряжение порядка 10—15 *в*, напряжение раскачки тоже должно иметь величину порядка 100—150 *в*. Это вынуждает использовать в предыдущем каскаде достаточно мощную лампу. Переход от предыдущего каскада к выходному может быть сделан как при помощи междулампового трансформатора, так и путем использования описанных выше фазоопрокидывающих каскадов. Приводимая на стр. 101 таблица содержит сведения о режимах работы ламп 6Л6, используемых в такой схеме.

Коэффициент нелинейных искажений в этих режимах меньше 0,25%. Сопротивление нагрузки может быть увеличено в 2 ÷ 3 раза. При этом мощность практически не изменяется, но необходимо заметно увеличивать напряжение возбуждения.

Напряжение смещения на каждой лампе, *в*	Анодное напряжение, *в*	Напряжение раскачки между сеткой и землей (амплитудное), *в*	Сопротивление нагрузки между катодами ламп, *ом*	Мощность на выходе, *вт*
—23	+250	83	500	4
—30	+250	93	500	4
—37,5	+250	130	1 000	4
—37,5	+250	170 (работа с токами сетки)	1 000	7

Остановимся еще на одной оригинальной схеме двухтактного каскада (фиг. 80). Эта схема используется в приемнике 7Н27 и интересна тем, что не требует применения междулампового трансформатора с отводом от вторичной обмотки или фазоопрокидывающего каскада. На сетку верхней лампы двухтактного каскада звуковое напряжение подается с выхода обычного предконечного усилителя напряжения.



Фиг. 80. Схема двухтактного каскада приемников 6Н25 и 7Н27.

В цепь экранной сетки этой лампы включено сопротивление, на котором переменная составляющая тока экранной сетки развивает звуковое напряжение обратной фазы. Это напряжение через разделительный конденсатор подается на управляющую сетку нижней лампы в качестве напряжения раскачки. Наряду с очевидным достоинством — простотой — такая схема обладает и недостатками, которые затрудняют ее симметрирование и вызывают появление искажений.

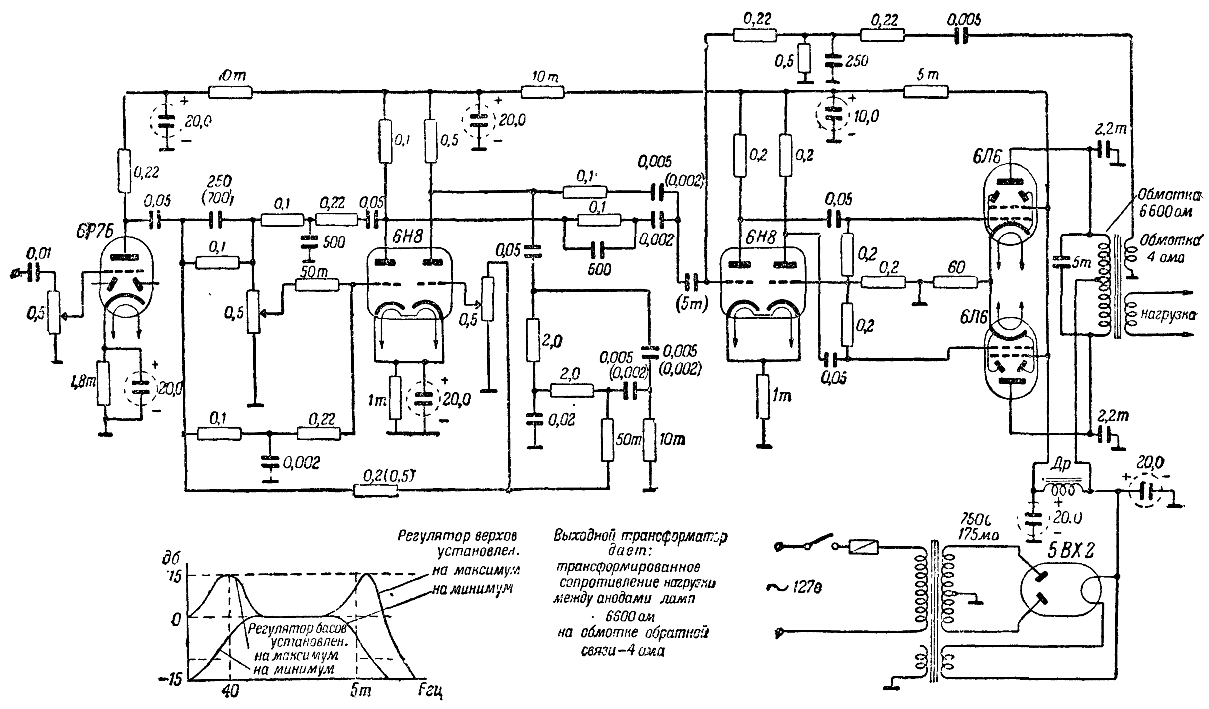
За последние годы было предложено много новых схем для регулировки тембра звука. Очень часто ручки регулировки тембра выводятся на панель приемника, что позволяет слушателю устанавливать воспроизведение высоких и низких звуковых частот применительно к той или иной передаче. В других

конструкциях такие регулировки делаются полупеременными. Это означает, что регулировка тембра производится внутри приемника раз навсегда, с таким расчетом, чтобы характеристики усилителя соответствовали акустическим свойствам громкоговорителя и помещения, а также вкусам слушателей. Однако, и в том и в другом случае необходимо иметь возможность изменять частотную характеристику усилителя в широких пределах.

Наилучшие результаты дают схемы, в которых для усиления высоких и низких звуковых частот используются отдельные лампы. Регулируя их усиление, можно очень сильно изменять тембр звучания. На фиг. 81 изображена хорошо зарекомендовавшая себя схема такого типа. Этот усилитель развивает мощность порядка 30 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений меньше 4%. Первый каскад схемы представляет собой обычный усилитель напряжения. Следующая лампа — двойной триод — работает в схеме, содержащей особые фильтры, благодаря чему одна половина ее усиливает только высокие частоты, а другая — только низкие частоты. Регуляторы, включенные в цепи сеток этих ламп, позволяют изменять воспроизведение этих крайних частот. Средние звуковые частоты второй лампой не усиливаются и подаются помимо нее на сетку левой половины третьей лампы. На эту же сетку подаются также усиленные второй лампой высокие и низкие звуковые частоты. Третья лампа работает в схеме самобалансирующегося фазоопрокидывающего каскада, который питает двухтактный выходной каскад. Понятно, что эту же схему регулировки тембра можно использовать и в усилителе с однотактным выходным каскадом.

Частотная характеристика усилителя при максимальном усилении обоих триодов второй лампы имеет два резко выраженных максимума, один из которых лежит в области низких частот порядка 30—35 *гц*, а другой—в области высоких частот порядка 5 000 *гц*. В некоторых случаях наличие максимума в области столь низких частот является нежелательным, так как при этом делаются заметными фон переменного тока и неровности хода граммофонных моторов. В этих случаях полезно передвинуть максимум в область частот порядка 70—80 *гц*. Такому режиму работы соответствуют величины, указанные в скобках.

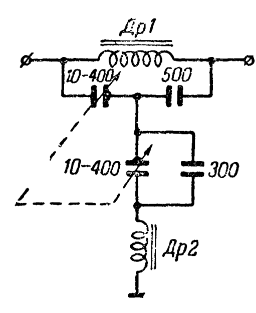
За максимумом в области высоких частот частотная характеристика усилителя резко падает, так что частоты выше 6 ÷ 7 *кгц* почти не воспроизводятся. Это является достоин-



Фиг. 81. Схема мощного усилителя низкой частоты с раздельным усилением низших и высших звуковых частот.

ством схемы, так как воспроизведение более высоких частот обычно почти не улучшает качества звука и лишь резко усиливает шумы. Опыт показывает, что при отсутствии специальных громкоговорителей расширение полосы пропускания усилителя не дает положительного эффекта даже в случае приема частотной модуляции, где передача ведется с широкой полосой звуковых частот и где действие помех сказывается очень слабо. Поэтому усилитель такого типа вполне можно рекомендовать для всех высококачественных приемников.

Вообще для ослабления действия помех бывает желательным вводить в схему усилителя низкой частоты фильтр, пропускающий все частоты до некоторой пограничной частоты и резко срезающий все более высокие частоты. Хорошие результаты дает фильтр, выполненный по схеме, изображенной на фиг. 82. В этой схеме *Др1* — дроссель большой индуктивности того типа, который применяется в фильтрах выпрямителей, а *Др2* — дроссель звуковых частот. Переменный конденсатор позволяет передвигать пограничную частоту. Если в таком передвижении нет необходимости, то сдвоенный блок переменных конденсаторов можно заменить двумя постоянными конденсаторами соответственно подобранной величины.



Фиг. 82. Схема фильтра, срезающего высшие частоты.

Много внимания в последнее время уделяется конструкциям громкоговорителей. Долгое время считалось, что для неискаженной работы громкоговоритель должен иметь достаточный запас мощности Поэтому, а также стремясь к улучшению воспроизведения низких частот, в мощных установках обычно использовали говорители больших размеров. Однако, исследования последних лет показали, что такие громкоговорители обладают рядом недостатков. Сложные изгибы диффузора большого диаметра вызывают появление высших гармоник воспроизводимых звуков, т. е. вызывают появление нелинейных искажений. Кроме того, подвижные части таких говорителей представляют собой механическую колебательную систему с низкой резонансной частотой и с малым затуханием. При воспроизведении какого-либо короткого звука такая система раскачивается довольно долго и продолжает затем колебаться длительное время после окончания действия электрического сигнала Это создает иска-

жения особого типа, называемые переходными. Для устранения этих явлений в современных установках предпочитают использовать несколько говорителей небольших размеров вместо одного большого. В простейшем случае эти говорители включаются параллельно один другому на вторичную обмотку соответственно подобранного выходного трансформатора. В более сложных схемах выходной трансформатор имеет для каждого говорителя отдельную обмотку. Наконец, иногда говорители включают при помощи особых фильтров, благодаря чему различные говорители воспроизводят разные полосы звуковых частот.

При параллельной работе говорителей необходимо, чтобы создаваемые ими звуковые колебания совпадали по фазе, так как в противном случае звук получается слабым и искаженным. Добиться синфазной работы можно путем переключения концов звуковых катушек говорителей.

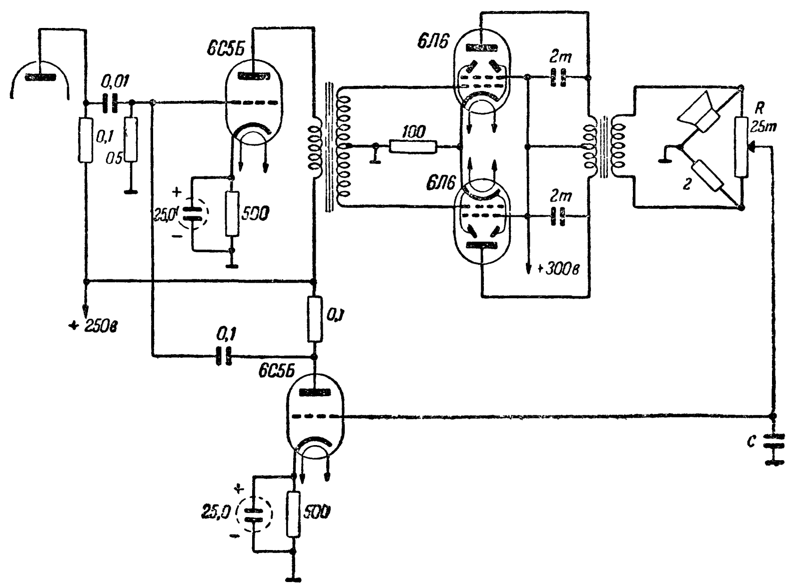
Остановимся еще на других способах борьбы с искажениями, возникающими в громкоговорителях. Для ослабления действия резонансных свойств подвижной системы и для ослабления переходных искажений желательно увеличивать затухание колебательной системы. Это может быть достигнуто как механическими, так и электрическими способами. Механические способы сводятся к увеличению воздушного сопротивления движению диффузора говорителя; их мы рассмотрим дальше.

Электрические способы увеличения затухания могут быть различными. Простейшим из них является использование усилителя с небольшим выходным сопротивлением, которое шунтирует подвижную катушку говорителя. Наименьшим выходным сопротивлением обладает каскад с катодным выходом, изображенный на фиг. 79. Несколько более высоким, но тоже небольшим выходным сопротивлением обладают каскады на триодах. Обычные усилители на пентодах и лучевых тетродах обладают очень высоким выходным сопротивлением и слабо шунтируют катушку говорителя, что вызывает искажения. Применение отрицательной обратной связи снижает величину выходного сопротивления и улучшает условия работы говорителя.

Для борьбы с искажениями, возникающими в говорителе, можно применять и другой способ. В случае отсутствия искажений его подвижная система движется в соответствии с напряжением, поданным на говоритель. Если имеют место искажения, то это означает, что колебания подвижной системы

говорителя не соответствуют подаваемому на него напряжению. При этом в звуковой обмотке динамического говорителя индуктируется дополнительное напряжение, соответствующее искажениям. Если это напряжение подать на вход усилителя в противофазе, то можно осуществить почти полную компенсацию искажений.

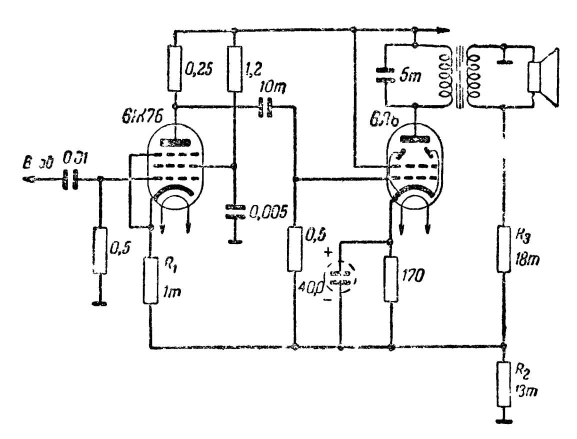
Такая схема изображена на фиг. 83. Для того, чтобы подавать на вход усилителя лишь те напряжения, которые по-



Фиг. 83. Схема отрицательной обратной связи для компенсации искажений в говорителе.

являются на зажимах говорителя при наличии искажений, и не подавать выходного напряжения усилителя, используется мостиковая схема, балансировка которой производится потенциометром *R*. Наиболее опасными являются искажения на нижней резонансной частоте говорителя, поэтому для каждого используемого типа говорителя необходимо подобрать величину конденсатора *C* (в пределах 500 ÷ 5 тыс. *мкмкф*). Нижняя лампа 6С5Б используется для усиления обратной связи. Поскольку на вход усилителя подаются лишь напряжения искажений, возникающие в говорителе, такая обратная связь не снижает усиления всего усилителя.

Другая схема того же назначения изображена на фиг. 84. В этой схеме на сопротивлении R_2 развивается напряжение, создаваемое катодным током лампы 6Л6. Вместе с тем на это же сопротивление подается напряжение со звуковой обмотки говорителя (через сопротивление R_3). Величины деталей схемы подобраны таким образом, что эти два напряжения компенсируют друг друга, если в говорителе отсутствуют искажения. При наличии их на обмотке говорителя возникает составляющая напряжения, обусловленная искажениями. В анодном



Фиг. 84. Схема отрицательной обратной связи для компенсации искажений в говорителе.

токе лампы соответствующей составляющей нет, и это напряжение искажений подается на сопротивление R_2 без компенсации. Благодаря тому, что сопротивление R_2 входит в катодную цепь первой лампы, напряжение искажений оказывается приложенным между ее сеткой и катодом, что и создает отрицательную обратную связь. Такая связь, как и предыдущая, компенсирует только искажения, возникающие в говорителе, и не снижает усиления.

Остановимся теперь на механических способах улучшения работы говорителя. Они сводятся, главным образом, к правильному конструированию ящика приемника. Обычно применяемые ящики с открытой задней стенкой обладают рядом серьезных недостатков. Прежде всего заключенный в них воздух оказывает слабое сопротивление движению диффузора говорителя, в результате чего резонансы последнего делаются

очень заметными, ухудшается частотная характеристика приемника и легко наступают перегрузки, приводящие к искажениям. Далее, это сопротивление воздуха движению диффузора меняется с частотой и громкостью, что меняет эквивалентное сопротивление говорителя и нарушает его согласование с усилителем. Это тоже приводит к появлению искажений Объем воздуха, заключенный внутри ящика, резонирует на частоте 100 ÷ 200 *гц* В ящиках малых размеров, кроме того, очень плохо воспроизводятся низкие частоты из-за того, что звуковые волны, возникающие внутри ящика и имеющие одну фазу, компенсируются противофазными наружными волнами. Наконец, звучание приемника зависит от того, насколько далеко находится открытая сторона ящика от стены комнаты.

Для устранения этих неприятных явлений в последнее время все более широко применяются специальные конструкции ящиков.

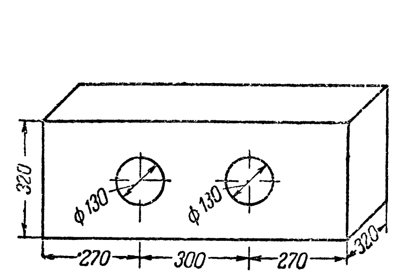
Заметное улучшение звучания может быть достигнуто простой установкой глухой задней стены ящика. При этом воздух, заключенный внутри ящика, оказывает сильное сопротивление колебаниям диффузора и резонанс последнего делается почти незаметным. Вместе с тем улучшается воспроизведение нижних звуковых частот Однако, такая система хорошо работает только при достаточно больших размерах ящика. Приводимая ниже таблица содержит размеры ящиков для нескольких говорителей различных типов.

Мощность, *вт*	Воспроизводимые частоты, *гц*	Диаметр и глубина диффузора динамика, *мм*	Размеры ящика (внутренние) высота, ширина, глубина *мм*
До 8	70÷13 000	200 80	400×500×260
15	60÷10 000	230 90	450×550×260
20	60 – 10 000	300 90	500×600×300

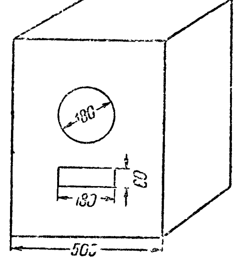
На фиг. 85 изображен эскиз ящика для двух говорителей с диаметром диффузоров 150 *мм*.

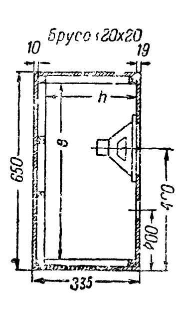
Для получения наилучших результатов ящики должны иметь достаточно жесткую конструкцию; изнутри их следует обить каким-либо мягким звукопоглощающим материалом. При использовании 10-миллиметровой фанеры для устранения вибрации стенок их следует укрепить изнутри деревянными планками, поверх которых можно укрепить обивку, оставив между нею и стенками воздушную прослойку.

Еще лучшие результаты может дать ящик с отверстием в передней стенке неподалеку от говорителя. Размеры ящика и отверстия подбираются такими, чтобы излучение звука из



Фиг. 85. Ящик для двух громкоговорителей.



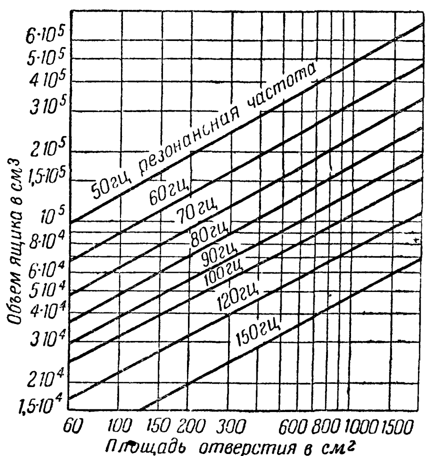


Фиг. 86. Ящик с дополнительным отверстием под динамический громкоговоритель *ДД-3*.

отверстия, создаваемое задней стороной говорителя, совпадало по фазе с излучением передней стороны говорителя. Такое устройство резко улучшает воспроизведение низких звуковых частот и выравнивает частотную характеристику громкоговорителя.

Размеры такого ящика для говорителя типа ДД-3 приведены на фиг. 86. При использовании говорителей другого типа размеры конструкции необходимо изменить. Для расчета размеров необходимо определить площадь переднего отверстия говорителя. Площадь отверстия в передней части ящика должна равняться половине площади отверстия говорителя. Затем определяют объем ящика по графику на фиг 87, выбрав на нем кривую, соответствующую частоте резонанса говорителя. Если эта частота неизвестна, то ее можно определить, подавая на говоритель различные звуковые частоты и отмечая ту частоту, на которой колебания диффузора оказываются наибольшими (при этом говоритель следует вынуть из ящика). Зная необходимый объем, нетрудно затем определить размеры ящика, сделав поправку на объем самого говорителя.

Для устранения ошибок расчета, отверстие полезно сделать больше расчетного и изменять его величину при помощи заслонки, добиваясь наилучшего звучания.



Фиг. 87. График для определения объема ящика с дополнительным отверстием.

Конструкция такого ящика тоже должна быть жесткой и его боковые и заднюю стенки изнутри следует покрыть звукопоглотителем.

Более сложные конструкции акустических лабиринтов работают почти так же, как и описанные простые акустические системы, но размеры лабиринтов получаются меньше. На фиг. 88 изображена конструкция одного из лабиринтов, а приводимая ниже таблица содержит его размеры для различных говорителей (в *мм*). Все внутренние стенки лабиринта должны быть покрыты звукопоглотителем.

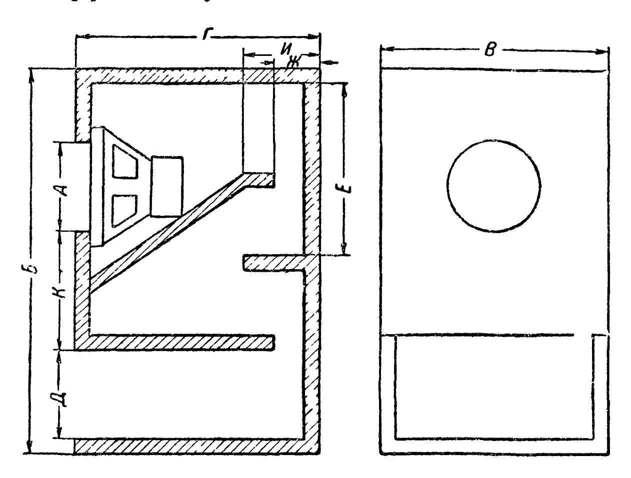
Наружный диаметр говорителя	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*И*	*К*	Материал — фанера толщиной
200	160	425	350	290	75	240	65	125	95	10
250	220	550	425	350	110	260	100	125	75	15
300	260	700	525	420	150	340	145	155	127	18
400	360	900	625	525	175	450	162	190	102	18

Рассмотрим специальные схемы, применяемые в проигрывателях граммзаписи для ослабления шума иглы. Для того, чтобы понять действие этих схем, нам необходимо будет выяснить, чем определяется входная емкость усилительной лампы. На фиг. 89 изображена простейшая усилительная лампа—триод. Между сеткой и катодом ее действует вход-

ное напряжение $U_{вх}$, а между анодом и катодом—выходное напряжение $U_{вых}$, которое равно:

$$U_{вых} = KU_{вх},$$

где K — коэффициент усиления каскада.



Фиг. 88. Конструкция акустического лабиринта.

Между сеткой и катодом лампы имеется междуэлектродная емкость $C_{ск}$. Под действием входного напряжения $U_{вх}$ через эту емкость течет емкостный ток

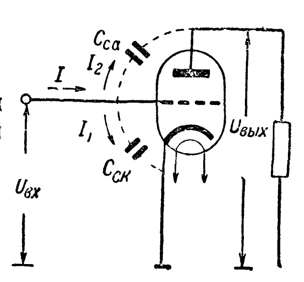
$$I_1 = \frac{U_{вх}}{\frac{1}{\omega C_{ск}}} = U_{вх} \cdot \omega C_{ск}.$$

Между сеткой и анодом имеется междуэлектродная емкость $C_{са}$. К этой емкости приложено напряжение

$$U_{вых} - U_{вх} = (K-1)U_{вх}$$

и ток через нее равняется

$$I_2 = \frac{U_{вых} - U_{вх}}{\frac{1}{\omega C_{са}}} = (K-1)U_{вх}\, \omega C_{са}$$



Фиг. 89. Схема, поясняющая определение входной емкости лампы.

Таким образом, при подаче на вход лампы напряжения $U_{вх}$ в цепи ее сетки текут два емкостных тока, сумма которых равняется

$$I = I_1 + I_2 = U_{вх}\, \omega \left[C_{ск} + (K-1)\, C_{са}\right].$$

Это позволяет считать, что вход лампы эквивалентен конденсатору, емкость которого равняется

$$C_{вх} = C_{ск} + (K-1) C_{са}.$$

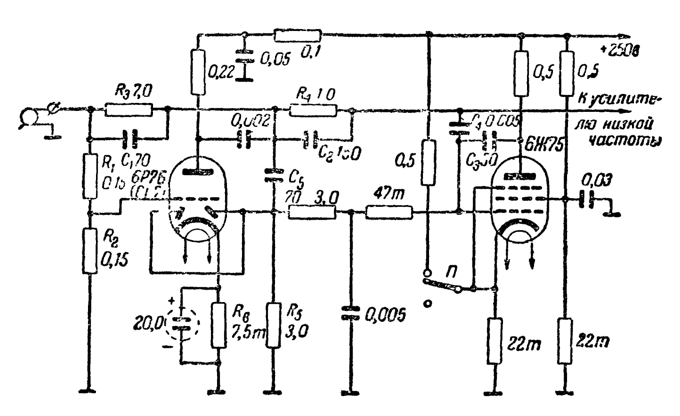
Полученное выражение показывает, что если емкость $C_{са}$ сделать достаточно большой и изменять величину усиления каскада, например, путем изменения напряжения смещения на сетке лампы, то величину входной емкости можно изменять в широких пределах.

Это явление часто используется в системах бесшумной настройки. В таких системах параллельно выходу обычного диодного детектора через конденсатор в 5÷10 тыс. *мкмкф* присоединяются сетка — катод триода. Емкость $C_{са}$ этого триода увеличивается путем присоединения между сеткой и анодом конденсатора в 50÷75 *мкмкф*. Кроме того на сетку триода подается (через сопротивление утечки) напряжение автоматической регулировки усиления. При отсутствии сигналов или при приеме слабых сигналов, когда это напряжение равно нулю, высокочастотные каскады приемника имеют максимальное усиление, что приводит к появлению на выходе детектора сильных шумов Однако при этом триод оказывается отпертым и его входная емкость имеет большую величину и сильно шунтирует выход детектора. При настройке приемника на мощный сигнал напряжение автоматической регулировки уменьшает усиление высокочастотных каскадов так, что шумы делаются незаметными. Одновременно с этим напряжение автоматической регулировки запирает триод, резко уменьшая шунтирующую выход детектора емкость и создавая тем самым условия для нормального звучания.

Этот же эффект изменения входной емкости лампы при изменении напряжения смещения используется для подавления шума граммофонной иглы при проигрывании пластинок.

Одна из схем таких шумоподавителей изображена на фиг. 90. В этой схеме первая лампа типа 6Р7Б (6Г7) исполь-

зуется в качестве обычного усилителя напряжения, развиваемого граммофонным проигрывателем. Напряжение проигрывателя подается на сетку лампы через делитель, состоящий из сопротивлений R_1, R_2. Этот делитель необходим для защиты первой лампы от перегрузок, возможных при использовании пьезоэлектрических звукоснимателей. Сопротивление R_3 вместе с конденсатором C_1 образует цепь отрицательной обратной



Фиг. 90. Схема подавителя шумов граммзаписи.

связи, которая несколько ослабляет усиление высших звуковых частот. Выходное напряжение этого усилительного каскада подается через цепь тонконтроля R_4 C_2 на вход последующих каскадов усиления низкой частоты, не показанных на схеме.

Выход рассмотренного усилительного каскада шунтируется (через конденсатор C_4) входной емкостью второй лампы типа 6Ж7Б. Между анодом и управляющей сеткой этой лампы включен конденсатор C_3, благодаря чему при отпертой второй лампе ее входная емкость оказывается значительной и ее шунтирующее действие подавляет на выходе первой лампы напряжения высших звуковых частот (в том числе и шипение граммофонной иглы).

Из анодной цепи первой лампы усиленное напряжение через конденсатор C_5 подается на аноды диодов. Вследствие небольшой величины емкости конденсатора C_5 на диоды подаются лишь напряжения высших звуковых частот. Нагрузкой

диодов служит сопротивление R_5. Нижний конец этого сопротивления присоединен к земле, благодаря чему напряжение автоматического смещения, возникающее на сопротивлении R_6, оказывается действующим между катодом и анодами диодов. Это напряжение создает задержку выпрямления и препятствует выпрямлению диодами слабых звуковых напряжений высших частот. При наличии сильных звуковых напряжений высших частот, превышающих напряжение задержки, диоды отпираются и на сопротивлении R_5 возникает выпрямленное напряжение. Постоянная составляющая этого напряжения подается через развязывающий фильтр на сетку лампы 6Ж7Б и запирает ее, резко уменьшая величину входной емкости, шунтирующей выход первой лампы. Таким образом, при наличии сильных звуков высокой частоты лампа 6Ж7Б запирается и перестает подавлять высшие звуковые частоты выходного напряжения первой лампы. При наличии лишь слабых высокочастотных напряжений диоды остаются запертыми, лампа 6Ж7Б — отпертой, и эти высшие звуковые частоты подавляются ее входной емкостью. Такое устройство очень сильно ослабляет шипение граммофонной иглы, пропуская его лишь в те моменты, когда имеют место сильные звуки высокой частоты, на фоне которых шипение оказывается незаметным.

Переключатель *П* служит для выключения шумоподавителя. Перестановка его на верхний контакт запирает лампу 6Ж7Б независимо от наличия сильных высокочастотных составляющих в усиливаемом напряжении.

Более сложные схемы такого типа содержат дополнительный каскад, усиливающий напряжение высших звуковых частот, подаваемое на диоды.

В рассмотренном шумоподавителе прохождение высших звуковых частот оказывается возможным лишь в те моменты, когда напряжение этих частот превысит некоторое пороговое значение. Рассмотрим теперь шумоподавитель, который работает несколько иначе.

Действие этого ограничителя основано на том факте, что наиболее высокие полезные звуковые частоты почти никогда не являются самостоятельными звуками, а, как правило, представляют собой гармоники более низких тонов, звучащих одновременно с ними. Поэтому можно осуществить такую схему, в которой «путь» для высших звуковых гармоник будет отпираться не под действием напряжения этих гармоник, как

в рассмотренной выше схеме, а под действием напряжений соответствующих им более низких основных тонов.

Вместе с тем различные высокочастотные мешающие шумы, возникающие при записи и воспроизведении звука, не имеют таких сопутствующих им более низких частот, способных отпереть схему, и не пропускаются шумоподавителями.

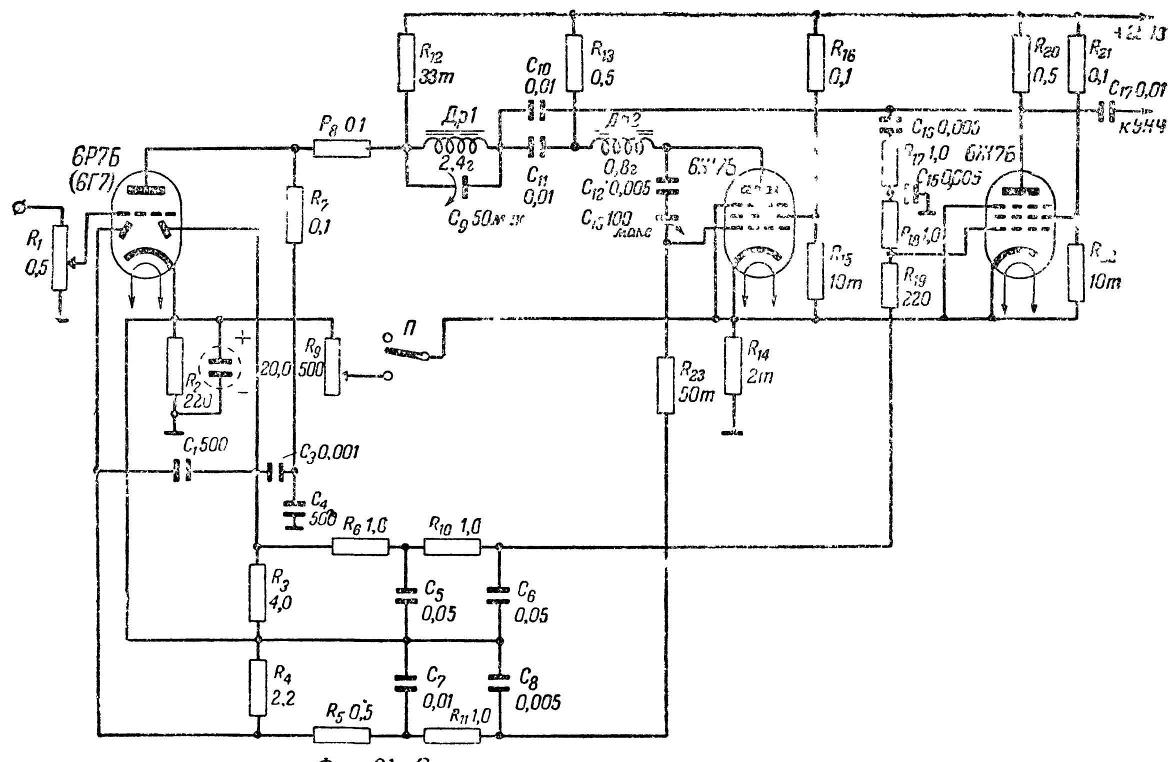
Подобно этому, наиболее низкочастотные полезные звуки почти всегда существуют вместе с их более высокими гармониками. Это позволяет использовать напряжение таких гармоник для отпирания «пути» наиболее низким частотам. Вместе с тем фон переменного тока и «плавание» граммофонного двигателя таких гармоник не имеют и схемой не пропускаются. Все эти нежелательные шумы могут проходить через шумоподавитель лишь тогда, когда имеет место сильный полезный звук близкой к ним частоты, который делает эти шумы незаметными.

Схема такого шумоподавителя изображена на фиг. 91. В этой схеме левая лампа 6Р7Б (6Г7) работает обычным усилителем напряжения. Усиленное напряжение через специальные фильтры подается на диоды, которые выпрямляют напряжения соответствующих частот. Выпрямленные напряжения подаются в качестве напряжений смещения на две другие лампы. Средняя лампа 6Ж7Б включена по схеме емкостной лампы-реактивности, причем величина ее эквивалентной емкости изменяется под действием выпрямленного звукового напряжения. Эта лампа включена последовательно с дросселем $Др_2$ и образует вместе с ним последовательный контур, настройка которого, зависящая от величины напряжения смещения, определяет воспроизведение высших звуковых частот.

Правая лампа включена по схеме индуктивной лампы-реактивности. Величина ее эквивалентной индуктивности тоже зависит от выпрямленного звукового напряжения смещения. Эта лампа включена последовательно с конденсатором C_{10} и образует вместе с ним последовательный резонансный контур, настройка которого зависит от выпрямленного звукового напряжения и определяет прохождение низших звуковых частот.

Для упрощения схемы ее можно выполнить без регулировки со стороны нижних частот, выбросив правую лампу и все относящиеся к ней детали.

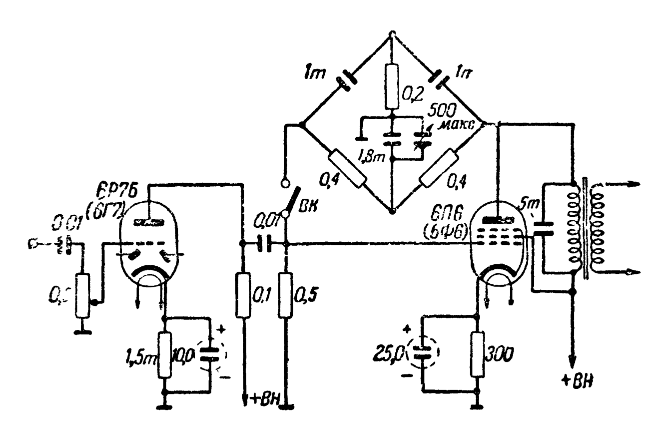
Можно ожидать, что схемы такого типа окажутся полезными не только при воспроизведении граммзаписи, но и при



Фиг. 91. Схема подавителя шумов граммзаписи.

радиоприеме. Эксперименты любителей позволят выяснить целесообразность такого применения их.

Кроме рассмотренных в главе I узкополосных фильтров промежуточной частоты, для приема телеграфных сигналов можно с успехом использовать узкополосные фильтры низкой



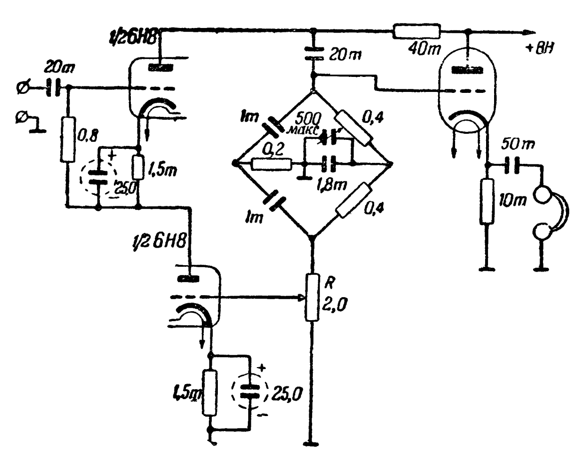
Фиг. 92. Схема узкополосного фильтра низкой частоты.

частоты. Полоса пропускания фильтров низкой частоты может быть сделана более узкой, чем у фильтров промежуточной частоты, однако недостатком их является невозможность получения односигнального приема.

В качестве узкополосных фильтров низкой частоты наиболее удобно использовать усилительный каскад с отрицательной обратной связью, в цепь которой включается мостиковая схема. Мостик балансируется в пределах требуемой полосы пропускания, благодаря чему напряжение отрицательной обратной связи, подаваемое на усилитель, в пределах полосы пропускания оказывается небольшим и усиление каскада не снижается. За пределами полосы пропускания мост оказывается разбалансированным и на усилитель подается большое напряжение отрицательной обратной связи, снижающее его усиление.

Схема такого типа изображена на фиг. 92. Выключатель *ВК* в этой схеме позволяет выключать цепь обратной связи при телефонном приеме. Переменный конденсатор служит для балансировки моста на частоте около 400 *гц*.

Недостаток изображенной схемы состоит в том, что нагрузка выходной лампы шунтирует мостик, снижая его избирательные свойства. Для устранения этого недостатка после мостика следует использовать каскад с катодным выходом, обладающий высоким сопротивлением со стороны входа. Кроме того, для лучшего действия фильтра желательно усиливать напряжение обратной связи в специальном усилительном



Фиг. 93. Схема низкочастотного узкополосного фильтра.

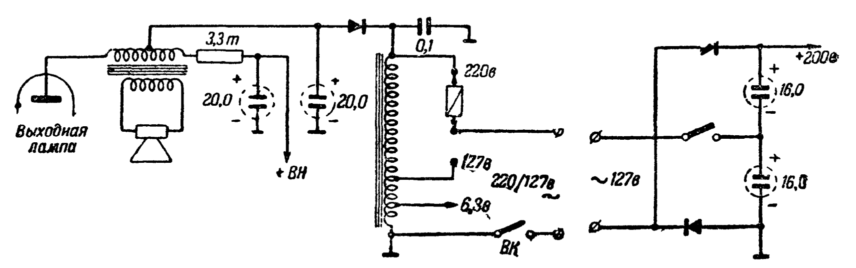
каскаде. Такая схема изображена на фиг. 93. Нижняя левая лампа в этой схеме служит для усиления напряжения обратной связи. Потенциометр *R* позволяет регулировать создаваемое этой лампой усиление, изменяя тем самым полосу пропускания фильтра. Мощность, даваемая каскадом с катодным выходом, достаточна для питания телефонных наушников; при желании получить на выходе более высокую мощность, необходимо после каскада с катодным выходом установить еще один мощный каскад.

Для получения узкой полосы пропускания в схеме мостика необходимо использовать конденсаторы высокого качества; применение бумажных конденсаторов может заметно ухудшить избирательность фильтра.

Пользовавшиеся несколько лет назад большой популярностью системы бестрансформаторного питания в настоящее время находят лишь ограниченное применение вследствие ряда серьезных недостатков.

К этим недостаткам относится прежде всего неэкономичность таких систем, обусловленная включением нитей накала ламп последовательно

с гасящим сопротивлением непосредственно в осветительную сеть. Этот недостаток может быть устранен путем использования вместо гасящего сопротивления бумажного конденсатора большой емкости. Другими недостатками являются ненадежная работа ламп, нити накала которых имеют высокий потенциал относительно катодов и дороговизна специальных ламп с высоким напряжением накала. Поэтому в наиболее дешевых приемниках сейчас используется комбинированная система питания, при которой нити накала ламп питаются от особого маломощного понижающего трансформатора, тогда как высокое напряжение получается путем бестрансформаторного выпрямления напряжения сети.



Фиг. 94. Схема выпрямителя приемника Москвич-В.

Фиг. 95. Схема селенового выпрямителя с удвоением напряжения.

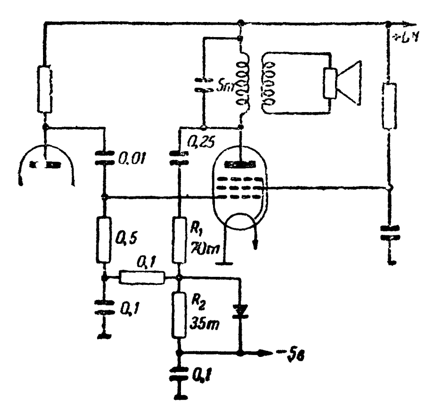
Если же возникает необходимость обеспечить возможность работы приемника как от сети 117/127 *в*, так и от сети с напряжением 220 *в* без изменения режима работы схемы, то наиболее удобным является использование малогабаритных автотрансформаторов. Схема такого типа, в которой вместо выпрямительной лампы используется селеновый столбик, применена в приемнике Москвич-В.

В этой схеме представляет интерес особое включение выходного трансформатора усилителя низкой частоты. В изображенной схеме вследствие применения однополупериодного выпрямителя и отсутствия хорошего фильтра анодное напряжение выходного каскада имеет сильные пульсации. Это вызывает появление пульсаций тока в анодной цепи выходной лампы. Для того, чтобы скомпенсировать действие пульсаций анодного тока, выходной трансформатор имеет дополнительную обмотку, которая служит дросселем фильтра питания всех остальных цепей приемника. В этой дополнительной обмотке тоже имеют место пульсации тока. Магнитные поля пульсаций токов в обеих обмотках компенсируют друг друга, благодаря чему исчезает фон переменного тока в громкоговорителе.

Селеновые выпрямители позволяют заметно упростить схемы и конструкции малогабаритных приемников. В частности, при использовании селеновых столбиков можно легко осуществить простую и надежную схему выпрямителя с удвоением напряжения.

Наконец, остановимся на одной экономичной схеме питания оконечных каскадов батарейных приемников, которая в свое время использовалась любителями, но затем была незаслуженно забыта Оконечный каскад приемника является основным потребителем энергии батарей и поэтому повышение экономичности его работы способствует более долгой

службе источников питания, что особенно важно для батарейных приемников, работающих в сельских местностях, и для передвижек. Идея работы экономичной схемы состоит в следующем. При отсутствии принимаемых сигналов лампа выходного каскада почти полностью запирается начальным напряжением смещения и работает с очень небольшим анодным током. При приеме сигналов переменное звуковое напряжение из анодной цепи подается на небольшой селеновый или купроксный выпрямитель, выпрямляется им и подается в качестве положительного напряжения смещения на сетку выходной лампы, отпирая ее. Таким образом, средняя рабочая точка лампы автоматически перемещается по характеристике, устанавливаясь в соответствии с силой принимаемого сигнала дальше или ближе от точки запирания лампы.



Фиг. 96. Схема экономичного выходного каскада.

Применение такой схемы позволяет не только экономить батареи, но и повышать анодное напряжение лампы на 30 ÷ 40% против нормального, соответственно увеличивая снимаемую с нее мощность.

Данные деталей, приведенные на схеме, являются ориентировочными и нуждаются в подборе применительно к используемой лампе и ее режиму. При правильном подборе величин сопротивлений $R_1 R_2$ и начального напряжения смещения схема работает без искажений и экономично.

Книга содержит обзор новинок техники радиоприема, которые могут быть использованы радиолюбителями в самодельных конструкциях радиоприемников амплитудной и частотной модуляции, телевизоров, усилителей низкой частоты и установок воспроизведения и записи звука.

Книга рассчитана на квалифицированных радиолюбителей.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *А. Д. Смирнов* Технический редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 13/II-1950 г. Подписано к печати 24/V-1950 г.
Бумага 84×108 1/32=3,25 бумажных — 6,15 печ л. Уч-изд. 7,5.
Т-04315. Тираж 25 000 Зак. 1123.

Типография Госэнергоиздата, Москва, Шлюзовая наб., 10.

ДВЕ СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

В мощных усилителях низкой частоты часто бывает необходимо иметь источник отрицательного напряжения порядка нескольких десятков вольт, создание которого вызывает затруднения. На фигуре изображена одна из простых схем получения такого напряжения. В этой схеме напряжение накала усиливается триодной частью двойного диод-триода и затем выпрямляется его диодами. При необходимости иметь источник отрицательного напряжения с повышенной мощностью в подобной схеме можно использовать двойной триод типа 6Н7, используя одну его половину в качестве трансформаторного усилителя, а другую — в качестве выпрямительной лампы, соединив у нее анод и сетку вместе.

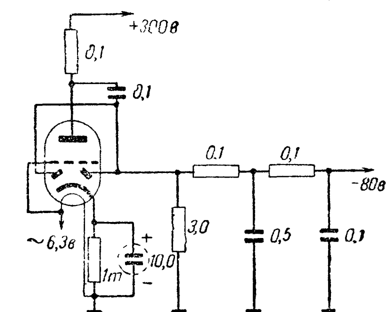


Схема источника отрицательного напряжения.

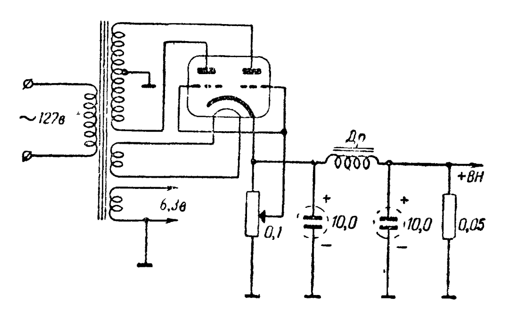


Схема выпрямителя с регулируемым напряжением.

При любительских экспериментах часто бывает необходимым иметь выпрямитель с регулируемым напряжением. Удобная схема выпрямителя, в котором регулирование напряжения производится путем изменения напряжений на сетках выпрямительной лампы, изображена на фигуре.

Цена 3 р. 75 к.